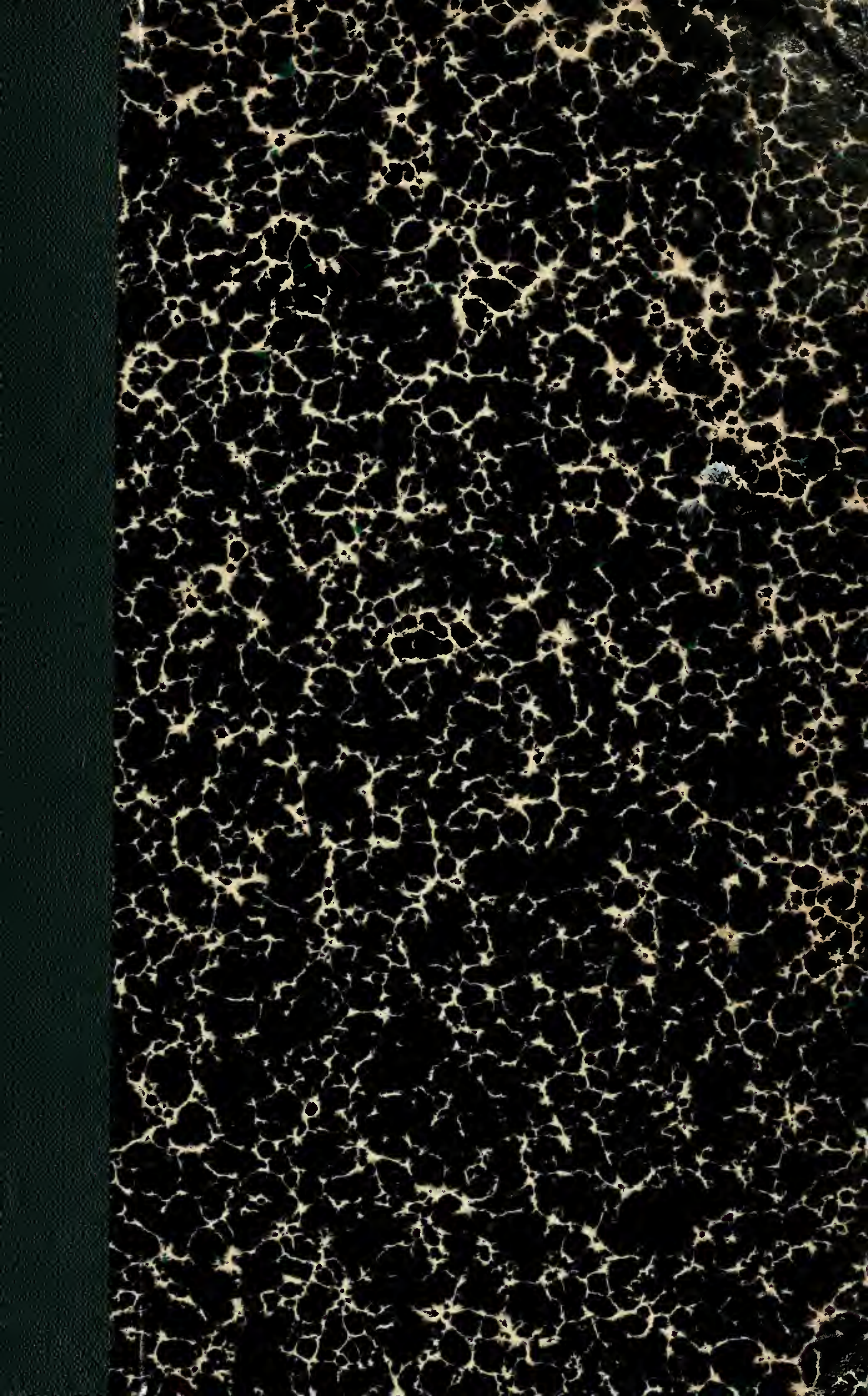
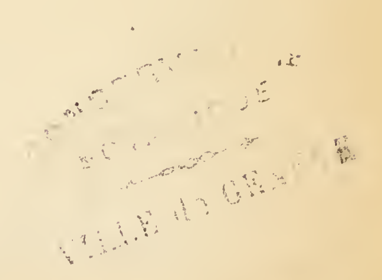



Septemb 1899
R.W. Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME DIX-HUITIÈME



GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE
4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE
DELAFONTAINE ET ROUGE

NEUCHATEL
S. DELACHAUX. — KLINGEBEIL

1863

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1862

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR.

Depuis le commencement de l'année 1862, les tableaux mensuels des observations météorologiques faites au St-Bernard, publiés dans la *Bibliothèque universelle,* ont été mis sous la même forme que ceux de Genève. Au lieu d'indiquer pour chaque jour la lecture du baromètre et du thermomètre faite à quatre époques de la journée, on donne la pression moyenne et la température moyenne des 24 heures, déduites des neuf observations diurnes, ainsi que les extrêmes observés dans le courant de la journée et l'écart avec la pression normale et la température normale pour le jour correspondant. D'après les recherches que j'ai publiées sur les variations périodiques de la température et de la pression au Grand St-Bernard dans le tome XIII des *Archives,* cahier de janvier 1862, et qui étaient basées sur vingt années d'observations, on peut déduire avec une grande approximation les corrections qu'il faut appliquer à la moyenne arithmétique d'un certain nombre de lectures, faites à différentes époques de la journée, pour obtenir la moyenne des 24 heures ; cette

correction est peu considérable avec le système actuel d'observations bi-horaires, s'étendant de 6 heures du matin à 10 heures du soir inclusivement. De même aussi, la variation annuelle de la température et de la pression est assez bien déterminée, pour que l'on puisse obtenir l'écart de chaque jour avec l'état normal.

Pour Genève, les données nécessaires à la réduction des observations, afin d'en déduire l'état moyen des 24 heures, sous le rapport de la pression, de la température et de l'état hygrométrique, ont été tirées de l'ouvrage que j'ai publié récemment sur le climat de Genève ; c'est là aussi que se trouvent les valeurs normales des éléments météorologiques calculées pour tous les jours de l'année, dont la comparaison avec l'observation a fourni l'écart, ou la variation accidentelle qui est indiquée dans les tableaux mensuels. Dans la détermination de la température moyenne de chaque jour à Genève, j'ai fait entrer l'indication du minimum nocturne fournie par le thermomètre à minimum, c'est donc à la moyenne arithmétique des neuf observations diurnes et du minimum nocturne qu'a été appliquée la correction nécessaire pour obtenir la moyenne des 24 heures ; cette correction est peu considérable, surtout dans la partie de l'année qui comprend l'hiver. La pression moyenne pour chaque jour a été déduite de la moyenne arithmétique des sept observations faites de 6 heures du matin à 6 heures du soir inclusivement ; la correction qu'il faut appliquer dans ce cas est moindre, que si on avait fait entrer dans le calcul les observations de 8 heures et 10 heures du soir, qui sont voisines du maximum de l'oscillation nocturne du baromètre. En se bornant, au contraire, aux observations faites de 6 heures du matin à 6 heures du soir, on ne fait

entrer dans le calcul que l'oscillation diurne du baromètre dont le milieu tombe sur un instant très-voisin de midi. La tension moyenne de la vapeur et la fraction moyenne de saturation ont été déduites pour chaque jour de la moyenne arithmétique des neuf observations diurnes, avec l'adjonction d'une correction déterminée à l'aide des résultats auxquels j'étais arrivé dans l'ouvrage cité ci-dessus pour la variation diurne de l'état hygrométrique de l'air.

Température.

Le tableau suivant renferme les moyennes mensuelles de la température observée à Genève aux différentes heures ; pour minuit, 14 heures et 16 heures, la température a été obtenue par interpolation.

GENEVE 1862.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Températ. moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1861. .	+ 1.67	+ 2,26	+ 1,90	+ 0.90	+ 0,42	+ 0,04	— 0.08	— 0,16	— 0,40	— 0 69	— 0,69	+ 0,51	+ 0.47	— 1.74	+ 3.09
Janvier 1862	+ 2.35	+ 2,84	+ 2,26	+ 1.22	+ 0,59	+ 0,37	+ 0.24	+ 0,21	+ 0.03	— 0,27	— 0,41	+ 0,93	+ 0.86	— 2.23	+ 3,70
Février.....	+ 3.28	+ 4,20	+ 4 01	+ 2,63	+ 1,59	+ 0 83	+ 0,32	+ 0.03	— 0 35	— 0,58	— 0,32	+ 1,56	+ 1,43	— 1,65	+ 5,33
Mars	+ 9,11	+10,20	+10,27	+ 9.07	+ 7.59	+ 6 35	+ 5,45	+ 4,67	+ 3.89	+ 3.88	+ 5.10	+ 7,60	+ 6.93	+ 3.21	+11,72
Avril	+14,33	+15,60	+15,46	+14,00	+12 11	+10,60	+ 9,48	+ 7,98	+ 6,70	+ 7.02	+ 9,98	+12,70	+11,33	+ 6,18	+17,41
Mai	+18,73	+19.30	+19,02	+17,81	+15,11	+14,01	+13.19	+12 15	+11,21	+11,86	+15,03	+17,19	+15,41	+10.15	+21,16
Juin..... .	+19 49	+20,21	+19,97	+18.44	+16.37	+14.80	+13,50	+12.52	+12,46	+13.80	+16,01	+17,93	+16,29	+11,70	+21,71
Juillet... ..	+23,56	+21,86	+24,62	+22,97	+20,25	+18,46	+17.05	+15.52	+14,69	+15,80	+19,36	+21,75	+19.91	+14 08	+25,88
Août	+21.30	+22.07	+21,40	+20.26	+17.89	+16,32	+15,12	+13,98	+13.26	+13,88	+17,03	+19,10	+17.64	+12 32	+23,44
Septembre ..	+17,91	+18,45	+18.05	+16.67	+15,19	+13,88	+13,09	+12.33	+11,75	+12,29	+14,33	+16.68	+15,05	+11,25	+19 81
Octobre.....	+14,44	+14,88	+14.50	+13,03	+12,01	+11,29	+10 79	+10.06	+ 9,38	+ 9.58	+10,80	+12,87	+11,97	+ 7.83	+15.97
Novembre ..	+ 7,18	+ 7,60	+ 6,84	+ 6,02	+ 5,42	+ 5,08	+ 4,88	+ 4,76	+ 4,62	+ 4,59	+ 4,83	+ 6,12	+ 5,66	+ 3,53	+ 8,21
Hiver	+ 2,40	+ 3,06	+ 2,68	+ 1,55	+ 0.84	+ 0,40	+ 0,15	+ 0.03	— 0.24	— 0 51	— 0,48	+ 0,98	+ 0,90	— 1,88	+ 4 00
Printemps...	+14,06	+15,03	+14 91	+13,62	+11.70	+10,32	+ 9,37	+ 8.27	+ 7,27	+ 7,59	+10,04	+12,50	+11,22	+ 6,[illegible]2	+16.75
Été	+21,47	+22,40	+22.02	+20,58	+18.19	+16,54	+15,24	+14,02	+13,48	+14,50	+17.48	+19,61	+17,96	+12,71	+23.70
Automne....	+13.19	+13,66	+13,14	+11,92	+10,88	+10,09	+ 9.60	+ 9.06	+ 8,59	+ 8,83	+10,00	+11,90	+10,91	+ 7,54	+14,68
Année... ..	+12.84	+13,59	+13,25	+11,97	+10,46	+ 9,39	+ 8,64	+ 7,88	+ 7,31	+ 7,64	+ 9,31	+11,30	+10.30	+ 6,26	+14,84

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1862.

Décembre 1861	$t = +0{,}47^{\circ} + 1{,}23^{\circ} \sin(\mu + 41{,}3^{\circ}) + 0{,}59^{\circ} \sin(2\mu + 36{,}4^{\circ}) + 0{,}11^{\circ} \sin(3\mu + 56{,}3^{\circ})$
Janvier 1862…	$t = +0{,}86 + 1{,}28 \sin(\mu + 45{,}8) + 0{,}70 \sin(2\mu + 38{,}3) + 0{,}17 \sin(3\mu + 54{,}5)$
Février…	$t = +1{,}43 + 2{,}23 \sin(\mu + 39{,}3) + 0{,}73 \sin(2\mu + 32{,}9) + 0{,}10 \sin(3\mu + 66{,}0)$
Mars…	$t = +6{,}93 + 3{,}15 \sin(\mu + 37{,}5) + 0{,}54 \sin(2\mu + 50{,}6) + 0{,}15 \sin(3\mu + 187{,}6)$
Avril…	$t = +11{,}33 + 4{,}22 \sin(\mu + 41{,}1) + 0{,}66 \sin(2\mu + 83{,}9) + 0{,}36 \sin(3\mu + 226{,}1)$
Mai…	$t = +15{,}41 + 3{,}92 \sin(\mu + 50{,}6) + 0{,}52 \sin(2\mu + 87{,}8) + 0{,}44 \sin(3\mu + 221{,}3)$
Juin…	$t = +16{,}29 + 3{,}90 \sin(\mu + 54{,}1) + 0{,}18 \sin(2\mu + 86{,}8) + 0{,}19 \sin(3\mu + 267{,}0)$
Juillet…	$t = +19{,}91 + 4{,}89 \sin(\mu + 48{,}5) + 0{,}42 \sin(2\mu + 90{,}0) + 0{,}42 \sin(3\mu + 243{,}4)$
Aout…	$t = +17{,}64 + 4{,}24 \sin(\mu + 48{,}9) + 0{,}52 \sin(2\mu + 82{,}3) + 0{,}24 \sin(3\mu + 221{,}6)$
Septembre…	$t = +15{,}05 + 3{,}26 \sin(\mu + 51{,}5) + 0{,}51 \sin(2\mu + 80{,}9) + 0{,}20 \sin(3\mu + 206{,}6)$
Octobre…	$t = +11{,}97 + 2{,}56 \sin(\mu + 46{,}6) + 0{,}69 \sin(2\mu + 67{,}5) + 0{,}05 \sin(3\mu + 233{,}1)$
Novembre…	$t = +5{,}66 + 1{,}34 \sin(\mu + 53{,}5) + 0{,}52 \sin(2\mu + 49{,}6) + 0{,}12 \sin(3\mu + 59{,}0)$
Hiver…	$t = +0{,}90 + 1{,}55 \sin(\mu + 41{,}6) + 0{,}67 \sin(2\mu + 35{,}3) + 0{,}13 \sin(3\mu + 59{,}5)$
Printemps…	$t = +11{,}22 + 3{,}75 \sin(\mu + 43{,}3) + 0{,}57 \sin(2\mu + 76{,}7) + 0{,}32 \sin(3\mu + 221{,}9)$
Été…	$t = +17{,}96 + 4{,}35 \sin(\mu + 50{,}1) + 0{,}39 \sin(2\mu + 87{,}8) + 0{,}30 \sin(3\mu + 244{,}3)$
Automne…	$t = +10{,}91 + 2{,}39 \sin(\mu + 50{,}1) + 0{,}56 \sin(2\mu + 65{,}9) + 0{,}05 \sin(3\mu + 191{,}3)$
Année…	$t = +10{,}30 + 3{,}01 \sin(\mu + 46{,}9) + 0{,}51 \sin(2\mu + 63{,}4) + 0{,}13 \sin(3\mu + 228{,}0)$

Comparée à la moyenne des 35 années, 1826-60, l'année 1862 présente les écarts suivants, soit pour les différents mois, soit pour les saisons, soit pour l'année entière; à côté de chaque écart, j'indique le rapport avec l'écart probable pour le laps de temps correspondant, ce qui permet de juger de la grandeur de l'anomalie.

Décembre	1861	écart	— 0°39	rapport	0 25
Janvier	1862	»	+ 1,20	»	0,70
Février	»	»	+ 0 11	»	0,09
Mars	»	»	+ 2,45	»	2,19
Avril	»	»	+ 2 72	»	2,70
Mai	»	»	+ 2,53	»	2 28
Juin	»	»	— 0,49	»	0,54
Juillet	»	»	+ 1,38	»	1,35
Août	»	»	— 0,16	»	0,16
Septembre	»	»	+ 0,76	»	0,82
Octobre	»	»	+ 2,16	»	2,73
Novembre	»	»	+ 1,21	»	1,13
Hiver	»	»	+ 0,31	»	0,30
Printemps	»	»	+ 2,56	»	3,46
Été	»	»	+ 0.25	»	0.38
Automne	»	»	+ 1,39	»	2,17
Année	»	»	+ 1,14	»	2,43

Les trois seuls mois de l'année 1862, dont la température ait été inférieure à la moyenne, sont ceux de décembre, juin et août, mais la différence est très-faible, une petite fraction seulement de l'écart probable; les mois de janvier, février et septembre, ont présenté un excès positif, mais inférieur à l'écart probable. Dans les mois de juillet et de novembre, l'excès positif dépasse, il est vrai, l'écart probable, mais d'une faible quantité, et l'anomalie est peu prononcée; mais, dans les mois de mars, avril, mai et octobre, l'excès positif est deux à trois fois plus grand que l'écart probable, ce qui constitue une anomalie très-

prononcée. Aussi ne trouve-t-on, depuis 1826, que deux années, en 1831 et en 1836, où la température du mois de mars ait été supérieure à celle de 1862, une seule année, en 1830, où la température du mois d'avril ait été supérieure, trois années, en 1833, 34 et 41 pour le mois de mai et une seule année, en 1831, pour le mois d'octobre. La température du printemps de l'année 1862 a été tout à fait exceptionnelle et elle a dépassé celle de toutes les années depuis 1826; celle qui s'en approche le plus, en 1830, a été de 3 à 4 dixièmes plus faible; l'écart est près de 3 $^1/_2$ fois plus grand que l'écart probable, ce qui ne lui assigne qu'une probabilité de $^1/_{50}$ environ. La température de l'automne a aussi été exceptionnellement élevée en 1862, et depuis 1826 on ne trouve qu'une seule année, en 1834, où cette saison ait été plus chaude.

En somme, l'année 1862 a été une année très-chaude, et sauf l'année 1834, qui a été très-exceptionnelle, on ne trouve depuis 1826 que les deux années 1828 et 1846, dont la température ait été supérieure de un à deux dixièmes de degré.

J'examinerai maintenant les anomalies que l'on trouve dans la température moyenne de tous les jours de l'année; si on compte les jours de chaque mois dont la température moyenne était comprise entre des limites espacées de cinq degrés en cinq degrés, on trouve les nombres suivants, à la suite desquels j'ai noté la température du jour le plus froid et du jour le plus chaud dans chaque mois:

ÉPOQUE.	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid.	Jour le plus chaud.
	très-froids.	froids		tempérés.		chauds.		très-chauds.		
	−10° à −5°	−5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1861...	.....	12	18	1	....	......	....	......	− 4°,25 le 25	+ 8°,06 le 8
Janvier 1862.	4	10	11	5	1	....	....	....	− 6.48 le 18	+10,00 le 31
Février.....	4	4	14	6	....	....	....	....	− 8,66 le 9	+ 9,18 le 1
Mars	....	....	7	20	4	......	....	....	+ 0,75 le 5	+11,91 le 27
Avril..	.....	......	4	4	16	6	....	.....	+ 1,02 le 14	+17,56 le 26
Mai	.....	....	.....	......	15	16	....	....	+12,22 le 14	+19,93 le 30
Juin...	......	....	....	....	12	13	5	....	+11,10 le 18	+23,32 le 8
Juillet	....	.....	....	....	....	17	13	1	+15,03 le 16	+25,22 le 27
Août	.....	....	....	.....	4	21	6	....	+13,10 le 10	+24,89 le 2
Septembre ..	......	....	....	......	15	15	....	......	+12,28 le 7	+18,21 le 30
Octobre....	......	.....	......	9	17	5	......	....	+ 5,90 le 28	+16,20 le 13
Novembre...	....	1	11	13	5	......	....	......	− 0,69 le 23	+10,68 le 3
Année	8	27	65	58	89	93	24	1	− 8,66 le 9 février	+25,22 le 27 juillet

Il y a ainsi une différence de 33°,88 entre la température moyenne du 9 février, le jour le plus froid de l'année, et celle du 27 juillet, le jour le plus chaud.

J'ai réuni dans le tableau suivant les différents éléments qui permettent d'apprécier la variabilité de la température dans le courant de l'année 1862, et qui se rapportent, soit à la valeur absolue de l'écart entre la température moyenne d'un jour et la valeur normale de l'époque correspondante, soit aux variations brusques qui ont eu lieu entre deux jours consécutifs. Les différentes colonnes renferment successivement : le nombre de jours où la température moyenne a été au-dessous, ou au-dessus de sa valeur normale, le nombre de fois où l'écart a changé de signe du jour au lendemain; l'écart moyen calculé par la somme des carrés de tous les écarts dans le courant du mois ; les écarts extrêmes en moins et en plus ; le changement moyen qui s'est opéré dans la température de deux jours consécutifs, calculé également par la somme des carrés des différences qui ont eu lieu pendant le mois, d'un jour au jour suivant ; enfin les variations les plus considérables qui ont eu lieu entre deux jours consécutifs ; dans ces deux dernières colonnes, je n'ai donné que la date du premier jour et non celle du lendemain.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moyens entre 2 j. consécut.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs	positifs
Déc. 1861...	15	16	5	±2°,62	−4°,27 le 25	+6°,60 le 8	±1°,86	−5°,11 le 8	+3°,84 le 7
Janvier 1862..	12	19	7	±4,61	−6,10 le 18	+9,85 le 31	±3,23	−5,83 le 6	+7.73 le 28
Février.....	11	17	5	±4,42	−9,42 le 9	+8,97 le 1	±2.60	−8,69 le 7	+3,84 le 12
Mars........	4	27	4	±3,27	−2,38 le 5	+6,06 le 27	±1,93	−4 01 le 21	+3,73 le 6
Avril........	5	25	2	±4,91	−7,29 le 14	+8,09 le 21	±2,82	−8,51 le 12	+4,91 le 24
Mai......	3	28	6	±3,25	−0,42 le 14	+7.07 le 2	±1,46	−3,26 le 21	+2,99 le 19
Juin.........	17	13	5	±3,89	−5,94 le 18	+7,35 le 8	±2,25	−7,71 le 8	+3,73 le 11
Juillet.....	9	22	10	±2.99	−3,67 le 16	+6,51 le 27	±2,32	−4,93 le 15	+3,36 le 25
Août........	17	14	7	±2,43	−5,10 le 10	+6,33 le 2	±2,06	−3.36 le 7	+6,18 le 1
Séptembre...	15	15	9	±2,08	−3,34 le 7	+5,87 le 30	±1,68	−5,26 le 30	+2,51 le 2
Octobre.....	4	27	6	±3,12	−1,72 le 28	+6,28 le 15	±2,14	−4,80 le 18	+3,14 le 21
Novembre....	10	20	5	±2,59	−4,08 le 23	+4,22 le 6	±1,31	−2,07 le 18	+2,70 le 19
Année.......	122	243	71	±3,35	−9,42 le 9 février	+9,85 le 31 janvier	±2,14	−8,69 le 7 février	+7,73 le 28 janvier

Le caractère de chaleur exceptionnelle de l'année 1862 se retrouve dans la proportion des jours dont la température a été plus basse ou plus élevée que la moyenne; les derniers forment les deux tiers de l'année et les premiers un tiers seulement. Dans les mois de mars, avril, mai et octobre on ne compte qu'un très-petit nombre de jours avec une température inférieure à la moyenne.

Les plus basses et les plus hautes températures enregistrées dans le courant de chaque mois à l'aide des thermométrographes, sont :

	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.
	o		o	
Décembre 1861.	— 8,0	le 26	+15.2	le 8
Janvier 1862...	—10,0	le 20	+12,0	le 11
Février........	—10,6	le 9	+13,3	le 1
Mars..........	— 2.1	le 23	+18,8	le 27
Avril..........	— 1,6	le 17	+25,4	le 28
Mai...........	+ 4,9	le 11	+26,6	le 30
Juin..........	+ 6,4	le 10	+29,7	le 8
Juillet........	+ 8,5	le 12	+33.0	le 28
Août..........	+ 7,3	le 10	+33,8	le 2
Septembre.....	+ 7 4	le 22	+24,4	le 30
Octobre,......	+ 0,3	le 28	+22,8	le 15
Novembre......	— 3,6	le 23	+14,5	le 2
Année.........	—10,6	le 9 fevrier.	+33,8	le 2 août.

Voici dans les différents mois le nombre de jours, où la température accusée par le thermomètre à minimum s'est abaissée au-dessous de 0, et le nombre de ceux, où la température accusée par le thermomètre à maximum ne s'est pas élevée à 0.

NOMBRE DE JOURS.

	Minimum au-dessous de 0.	Maximum au-dessous de 0.	
Déc. 1861.	20	9	
Janv. 1862	23	7	
Février...	15	4	
Mars....	4	0	
Avril	1	0	dernière gelée le 17 ; pas de gelée bl. depuis.
Octobre.	...	......	première gelée blanche le 28.
Novembre.	4	0	première gelée le 22.
Année....	67	20	

Je donne dans le tableau suivant les moyennes mensuelles de la température du Rhône, l'excédant sur la la moyenne des huit années, 1853 à 1860, les extrêmes observés dans le courant de chaque mois, enfin la différence entre la température de l'eau et la température moyenne de l'air.

	Moyenne.	Excédant.	Minimum.	Maximum.	Diff. entre la temp. de l'eau et de l'air.
	0	0	0	0	0
Déc. 1861..	7,48	+1,05	5,8 le 28	8,6 le 1 et le 9	+7,01
Janvier 1862	5,39	+0.46	4,3 le 21	6,0 le 11	+4 53
Février, ...	5,02	+0,42	2,6 le 10	5,8 les 1, 3, 25, 26	+3,59
Mars.......	6,92	+0,96	5,6 le 1	8,6 le 29	−0,01
Avril......	9,97	+1,45	7,1 le 1	12,6 le 12	−1,36
Mai	13.08	+2,59	10,2 le 12	17.8 le 30	−2,33
Juin	15,34	+0,83	7,7 le 23	19,1 le 12	−0 95
Juillet. ...	17,65	+0,01	12,8 le 5	21,8 le 28	−2,26
Août.......	19,08	+0,53	14,2 le 9	21,6 le 5	+1,44
Septembre .	17,51	+0,65	15,7 le 6	18,8 le 1	+2.46
Octobre.....	14,56	+0,54	8,0 le 24	17,6 le 1	+2,59
Novembre...	11,02	+1,35	9,0 le 29	13,1 le 4	+4,36
Année......	11,95	+0,90	2,6 le 10 février	21,8 le 28 juillet	+1,65

Quoique tous les mois présentent un excédant positif, la température du Rhône ne s'est pas élevée au-dessus de la moyenne d'une quantité aussi considérable que celle de l'air, surtout au printemps, en sorte que c'est au mois

de mars déjà, que la température moyenne de l'air a dépassé celle de l'eau, tandis qu'ordinairement cela n'a lieu qu'au mois d'avril.

Pour mettre en évidence la variabilité de la température du Rhône, j'indique ci-dessous pour chaque mois la valeur de l'écart moyen d'un jour déduit de la somme des carrés de tous les écarts du mois ; les écarts extrêmes avec la date ; l'écart moyen entre deux jours consécutifs déduit également de la somme des carrés des différences qui ont eu lieu pendant le mois, d'un jour au jour suivant, enfin les variations les plus considérables qui ont eu lieu entre deux jours consécutifs.

Époque.	Écart moy. d'un jour.	Écarts extrêmes négatifs.	Écarts extrêmes positifs.	Écart moy. entre 2 j. consécutifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs. négatifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs. positifs.
Décemb. 1861	±1°,02	+0°,3 le 27 et 28	+1°,5 le 9 et 19	±0°,23	−0°,7 le 19	+0°,4 le 7
Janvier 1862	±0,88	−0,2 le 21	+1,5 le 25 et 31	±0,31	−0,5 le 26	+0,7 le 8 et 23
Février......	±0,87	−2,0 le 10	+1,4 le 1 et 3	±0,44	−1,1 le 8	+1,1 le 11
Mars......	±0,95	+0,3 le 1	+1,8 le 12	±0,39	−1,0 le 21	+0,7 le 26
Avril........	±2,31	−0,1 le 28	+4,8 le 12	±0,86	−2,0 le 12	+1,4 le 28
Mai..........	±2,81	−0,7 le 22	+5,4 le 30	±0,90	−2,1 le 21	+2,2 le 25
Juin	±4,09	−7,6 le 23	+5,5 le 7	±2,00	−6,4 le 12	+3,8 le 24
Juillet.	±2,13	−3,8 le 5	+3,4 le 28	±0,87	−2,7 le 3	+1,4 le 18
Août........	±1,62	−4.5 le 9	+3,0 le 5	±1,33	−4,0 le 8	+1,9 le 19
Septembre...	±1,17	−2.1 le 6	+2,3 le 30	±0,47	−2,0 le 4	+0,6 le 9
Octobre	±2,57	−4,8 le 21	+3,0 le 16	±1,52	−7,4 le 20	+2,5 le 24
Novembre...	±1,30	+0,2 le 22	+2,0 le 6 et 8	±0,28	−0,8 le 11	+0,4 le 14

Dans les mois de décembre, mars et novembre, il n'y a eu aucun jour, où la température de l'eau ait été au-dessous de sa valeur normale, en sorte que l'on ne trouve que des écarts positifs, dont le plus faible a été indiqué.

Les observations de la température faites au St-Bernard, pendant l'année 1862, sont renfermées dans les tableaux suivants; les chiffres indiqués pour minuit, 14 heures et 16 heures, ont été obtenus par interpolation.

SAINT-BERNARD 1862.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Températ. moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1861.	— 4,51	— 4,19	— 5,39	— 6,36	— 6,40	— 6,57	— 6,64	— 6,61	— 6,33	— 6,38	— 6,21	— 5,70	— 5,94
Janvier 1862 ...	— 7,46	— 7,37	— 8,61	— 9,09	— 9,26	— 9,11	— 9,18	— 9,35	— 9,51	— 9,75	— 9,51	— 8,74	— 8,91
Février......	— 5,08	— 5,42	— 6,22	— 7,66	— 7,99	— 7,91	— 7,87	— 8,03	— 8,37	— 8,41	— 7,80	— 6,22	— 7,25
Mars..........	— 1,89	— 1,74	— 2,79	— 4,18	— 4,56	— 4,77	— 4,81	— 5,27	— 5,64	— 5,46	— 4,21	— 2,96	— 4,02
Avril..........	+ 2,90	+ 3,50	+ 2,62	+ 0,52	— 0,79	— 1,06	— 1,27	— 2,18	— 2,95	— 2,46	— 0,28	+ 1,63	+ 0,02
Mai.........	+ 4,82	+ 5,18	+ 4,25	+ 3,57	+ 2,21	+ 1,92	+ 1,40	+ 0,64	+ 0,05	+ 0,66	+ 2,13	+ 4,05	+ 2,57
Juin	+ 4,59	+ 4,87	+ 4,98	+ 3,65	+ 2,88	+ 2,53	+ 1,98	+ 1,19	+ 0,67	+ 1,14	+ 1,92	+ 3,50	+ 2,82
Juillet	+10,25	+10,80	+10,43	+ 8,86	+ 7,52	+ 7,13	+ 6,42	+ 5,61	+ 4,88	+ 5,41	+ 6,20	+ 9,17	+ 7,71
Août..........	+ 8,09	+ 8,40	+ 7,21	+ 6,06	+ 5,45	+ 5,29	+ 4,72	+ 3,66	+ 3,14	+ 3,86	+ 5,42	+ 7,16	+ 5,70
Septembre.....	+ 4,94	+ 4,74	+ 4,09	+ 3,54	+ 3,12	+ 2,81	+ 2,51	+ 2,17	+ 1,94	+ 2,08	+ 3,08	+ 3,99	+ 3,25
Octobre......	+ 2,26	+ 2,49	+ 1,71	+ 0,85	+ 0,69	+ 0,63	+ 0,51	+ 0,13	— 0,08	+ 0,09	+ 0,64	+ 1,58	+ 0,96
Novembre. ...	— 2,64	— 3,02	— 4,20	— 4,79	— 5,11	— 5,36	— 5,53	— 5,34	— 5,12	— 5,17	— 4,92	— 3,90	— 4,59
Hiver..........	— 5,70	— 5,67	— 6,75	— 7,71	— 7,88	— 7,86	— 7,90	— 8,00	— 8,06	— 8,17	— 7,84	— 6,91	— 7,37
Printemps.....	+ 1,94	+ 2,30	+ 1,34	— 0,03	— 1,05	— 1,31	— 1,56	— 2,27	— 2,85	— 2,42	— 0,79	+ 0,90	— 0,48
Été..........	+ 7,67	+ 8,06	+ 7,55	+ 6,20	+ 5,31	+ 5,01	+ 4,40	+ 3,51	+ 2,92	+ 3,49	+ 4,54	+ 6,64	+ 5,44
Automne.......	+ 1,53	+ 1,42	+ 0,55	— 0,12	— 0,42	— 0,62	— 0,82	— 1,00	— 1,08	— 0,99	— 0,39	+ 0,57	— 0,11
Année........	+ 1,39	+ 1,56	+ 0,71	— 0,37	— 0,97	— 1,16	— 1,44	— 1,91	— 2,24	— 1,99	— 1,08	+ 0,34	— 0,60

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1862.

Décembre 1861	$t = -5{,}94^\circ + 0{,}95^\circ \sin(\mu + 75{,}4^\circ) + 0{,}52^\circ \sin(2\mu + 47{,}4^\circ) + 0{,}30^\circ \sin(3\mu + 32{,}6^\circ)$
Janvier 1862...	$t = -8{,}91 + 0{,}79 \sin(\mu + 58{,}7) + 0{,}62 \sin(2\mu + 65{,}9) + 0{,}23 \sin(3\mu + 45{,}9)$
Février..	$t = -7{,}25 + 1{,}37 \sin(\mu + 69{,}3) + 0{,}80 \sin(2\mu + 70{,}2) + 0{,}09 \sin(3\mu + 69{,}5)$
Mars..	$t = -4{,}02 + 1{,}68 \sin(\mu + 65{,}0) + 0{,}71 \sin(2\mu + 76{,}9) + 0{,}08 \sin(3\mu + 330{,}3)$
Avril..	$t = +0{,}02 + 2{,}82 \sin(\mu + 58{,}8) + 0{,}87 \sin(2\mu + 75{,}0) + 0{,}28 \sin(3\mu + 270\ 0)$
Mai	$t = +2{,}57 + 2{,}29 \sin(\mu + 55{,}1) + 0{,}59 \sin(2\mu + 92{,}9) + 0{,}14 \sin(3\mu + 236{,}3)$
Juin..........	$t = +2{,}82 + 1{,}98 \sin(\mu + 44{,}6) + 0{,}45 \sin(2\mu + 74{,}4) + 0{,}13 \sin(3\mu + 288{,}4)$
Juillet........	$t = +7{,}71 + 2{,}75 \sin(\mu + 48{,}2) + 0{,}74 \sin(2\mu + 71{,}8) + 0{,}07 \sin(3\mu + 236{,}3)$
Aout..........	$t = +5{,}70 + 2{,}21 \sin(\mu + 57{,}0) + 0{,}77 \sin(2\mu + 99{,}7) + 0{,}16 \sin(3\mu + 315{,}0)$
Septembre	$t = +3{,}25 + 1{,}30 \sin(\mu + 59{,}1) + 0{,}43 \sin(2\mu + 91{,}3) + 0{,}05 \sin(3\mu + 101{,}3)$
Octobre.......	$t = +0{,}96 + 1{,}04 \sin(\mu + 60\ 7) + 0{,}47 \sin(2\mu + 77{,}1) + 0{,}11 \sin(3\mu + 0{,}0)$
Novembre.....	$t = -4{,}59 + 1{,}14 \sin(\mu + 77{,}3) + 0{,}49 \sin(2\mu + 63{,}4) + 0{,}28 \sin(3\mu + 73{,}5)$
Hiver.	$t = -7{,}37 + 1{,}02 \sin(\mu + 68{,}5) + 0{,}63 \sin(2\mu + 62{,}4) + 0{,}21 \sin(3\mu + 43{,}0)$
Printemps.....	$t = -0{,}48 + 2{,}25 \sin(\mu + 58{,}9) + 0{,}73 \sin(2\mu + 81{,}3) + 0{,}16 \sin(3\mu + 268{,}2)$
Été.	$t = +5{,}44 + 2{,}29 \sin(\mu + 50{,}1) + 0{,}65 \sin(2\mu + 82{,}9) + 0(11 \sin(3\mu + 289{,}3)$
Automne	$t = -0{,}11 + 1{,}15 \sin(\mu + 65{,}4) + 0{,}46 \sin(2\mu + 76{,}1) + 0{,}13 \sin(3\mu + 62{,}4)$
Année.......	$t = -0{,}60 + 1\ 67 \sin(\mu + 58{,}4) + 0{,}60 \sin(2\mu + 76{,}5) + 0{,}06 \sin(3\mu + 0{,}0)$

Comparativement à la moyenne des vingt années 1841-1860, l'année 1862 présente les différences suivantes:

Décembre 1861	+ 1°,99
Janvier 1862	+ 0,63
Février	+ 1,73
Mars	+ 3,36
Avril	+ 3,77
Mai	+ 2,37
Juin	— 1,24
Juillet	+ 1,76
Août	— 0,06
Septembre	+ 0,29
Octobre	+ 1,55
Novembre	+ 1,02
Hiver	+ 1,44
Printemps	+ 3,16
Été	+ 0,17
Automne	+ 0,96
Année	+ 1,43

Si l'on compare ces écarts avec ceux qui ont été obtenus pour Genève, on voit que dans les mois de décembre, février, mars et avril, la température a été relativement plus élevée au St-Bernard qu'à Genève, et cela d'une quantité assez notable, en sorte que l'hiver, et le printemps surtout, accusent une chaleur exceptionnelle dans cette station élevée. L'été présente à peu près la même différence dans les deux stations, mais l'automne a été plus chaud à Genève qu'au St-Bernard; en somme, l'année a été relativement plus chaude de près de trois dixièmes de degré au St-Bernard.

J'ai pu faire cet année, par suite de la forme donnée aux tableaux, les recherches relatives aux anomalies de température qui se présentent au St-Bernard d'un jour à l'autre, et je les mettrai sous la même forme que pour les observations de Genève, en indiquant d'abord quel est le nombre de jours dans chaque mois, dont la température moyenne est comprise entre des limites espacées de 5 degrés en 5 degrés, et en ajoutant la température moyenne du jour le plus froid et du jour le plus chaud.

ÉPOQUE.	Nombre de jours dont dont la température est comprise entre								Jour le plus froid.	Jour le plus chaud.
	−25° et −20°	−20° et −15°	−15° et −10°	−10° et −5°	−5° et 0°	0° et +5°	+5° et +10°	+10° et +15°		
Déc. 1861...	....	....	4	14	13	....	....	....	−12°,40 le 20	− 1°,83 le 9
Janvier 1862.	1	3	9	11	7	....	....	....	−22,27 le 18	− 0,57 le 24
Février.....	1	2	4	9	12	....	....	....	−21,01 le 8	− 1,85 le 2
Mars	....	1	1	7	20	2	....	....	−15,24 le 5	+ 0,84 le 7
Avril.......	....	....	3	3	6	15	3	....	−14,71 le 14	+ 7,46 le 28
Mai	....	....	....	....	6	20	5	....	− 2,00 le 15	+ 5,89 le 23
Juin........	....	....	....	....	9	13	8	....	− 3,82 le 18	+ 8,55 le 7
Juillet	....	....	....	....	....	6	18	7	+ 1,52 le 1	+12,60 le 27
Août	....	....	....	....	1	13	13	4	− 1,23 le 10	+12,18 le 2
Septembre ..	....	....	....	....	1	22	7	....	− 1,48 le 7	+ 5,84 le 27
Octobre....	....	....	....	1	10	18	2	....	− 7,09 le 21	+ 7,99 le 11
Novembre...	....	....	2	13	11	4	....	....	−11,68 le 23	+ 0,97 le 3
Année......	2	6	23	58	96	113	56	11	−22,27 le 18 janvier	+12,60 le 27 juillet

Le mois de juillet est le seul, où la température moyenne du jour le plus froid ne soit pas descendue au-dessous de 0, et pendant les trois mois d'hiver il n'y a pas eu un seul jour dont la température moyenne se soit élevée au-dessus de 0; cependant l'année 1862 est une année exceptionnellement chaude. La différence entre la température du jour le plus chaud et celle du jour le plus froid est d'un degré plus forte au St-Bernard qu'à Genève.

Les éléments qui représentent la variabilité de la température au St-Bernard, pendant l'année 1862, sont contenus dans le tableau suivant, dont les colonnes renferment successivement : le nombre de jours, où la température a été au-dessous, ou au-dessus de sa valeur normale; le nombre de fois, où l'écart a changé de signe du jour au lendemain; l'écart moyen calculé par la somme des carrés de tous les écarts dans le courant du mois; les écarts extrêmes, en moins, et en plus; le changement moyen qui s'est opéré dans la température de deux jours consécutifs, calculé également par la somme des carrés des différences entre deux jours consécutifs; enfin, les variations les plus considérables qui ont eu lieu entre deux jours consécutifs; dans ces deux dernières colonnes, la date du premier jour est seule indiquée.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moyens entre 2 j. consécut.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs	positifs
Déc. 1861...	6	25	6	±3°,65	— 4°,08 le 6	+5°,92 le 9	±2°,94	— 6°,07 le 18	+ 8°,07 le 6
Janvier 1862..	14	17	6	±5,28	—12,79 le 18	+8,93 le 24	±4,18	— 6,80 le 17	+ 8,38 le 23
Février	8	20	4	±5,40	—11,70 le 8	+7,58 le 2	±3,13	—12,88 le 7	+ 4,85 le 10
Mars	3	28	4	±4,30	— 7,04 le 5	+8,90 le 7	±3,60	— 5,93 le 21	+14,05 le 5
Avril	5	24	2	±6,35	—10,55 le 14	+9,83 le 27	±3,11	— 9,55 le 13	+ 4,46 le 17
Mai....	6	25	4	±3,17	— 2,18 le 15	+6,63 le 6	±1,84	— 5,55 le 6	+ 2,70 le 7
Juin	16	14	3	±4,25	— 8,12 le 18	+5,39 le 7	±2,10	— 4,36 le 28	+ 3,53 le 26
Juillet	7	24	9	±3,32	— 4,33 le 11	+6,37 le 27	±3,30	— 8,59 le 10	+ 6,35 le 24
Août........	15	16	7	±3,38	— 7,26 le 10	+5,98 le 2	±2,89	— 5,65 le 22	+ 4,88 le 11
Septembre ...	16	14	9	±2,45	— 5,65 le 7	+4,03 le 27	±1,75	— 4,47 le 30	+ 3,35 le 8
Octobre......	6	25	7	±3,33	— 5,41 le 21	+8,62 le 14	±3,00	— 7,02 le 20	+ 8,06 le 2
Novembre....	12	18	10	±2,77	— 5,50 le 23	+4,56 le 3	±2,00	— 3,84 le 7	+ 5,45 le 12
Année	114	250	71	±3,97	—12,79 le 18 janvier	+9,83 le 27 avril	±2,82	—12,88 le 7 février	+14,05 le 5 mars

Au mois d'avril, il s'est trouvé un jour dont la température était exactement égale à la valeur normale, il faudrait, par conséquent, ajouter à ce mois un jour avec un écart égal à 0. Ce tableau, comparé à celui de Genève, montre que la variabilité de la température est notablement plus forte au St-Bernard ; l'on arriverait ainsi à la conclusion suivante : tandis que les variations périodiques et régulières de la température sont d'un tiers environ plus faibles dans cette station élevée, celles de la période diurne aussi bien que celles de la période annuelle, les variations accidentelles sont plus considérables, que l'on considère le chiffre moyen de l'anomalie pour un jour quelconque, ou la variation entre deux jours consécutifs. Ce résultat ne repose, il est vrai, que sur les observations d'une seule année ; néanmoins, la différence est assez prononcée pour que l'on puisse s'attendre à la voir confirmée par des observations subséquentes.

A défaut de thermométrographe, le minimum seul a pu être observé au mois de décembre, je dois me borner à donner comme mesure des températures extrêmes au St-Bernard la lecture la plus basse et la plus élevée du thermomètre, enregistrées dans le courant de chaque mois, à l'une des heures ordinaires d'observation.

Températures extrêmes observées au Saint-Bernard.

	Minimum.	Maximum.
	o	o
Déc. 1861.	—16,9 le 21	+ 0,3 le 17 à 8 h. soir.
Janv. 1862	—23,6 le 18 à 6 h. soir.	+ 4,8 le 28 à midi.
Février...	--23,5 le 8 à 8 h. soir.	+ 1,8 le 3 à 10 h. mat.
Mars......	—17,0 le 5 à 6 h. matin.	+ 6,2 le 7 à midi.
Avril	—15,4 le 14 à 10 h. soir.	+12,9 le 28 à 2 h. soir.
Mai.......	— 3,9 le 15 à 6 h. matin.	+11,2 le 31 à 2 h. soir.
Juin......	— 4,0 le 18 et 19 à 6 h. mat.	+13,1 le 12 à 4 h. soir.
Juillet ...	— 0,6 le 2 à 6 h. matin.	+16,3 le 14 à 4 h. soir.
Août.... .	— 2,0 le 23 a 6 h. matin.	+16,2 le 1 à 2 h. soir.
Septembre.	— 2,3 le 7 à 6 h. matin.	+ 8,8 le 26 à 2 h. soir.
Octobre ...	— 7,6 le 21 à 6 h. matin.	+10,8 le 14 à 2 h. soir.
Novembre.	—13,2 le 22 à 10 h. soir.	+ 4,3 le 4 à midi.
Année....	—23.6 le 18 janvier.	+16,3 le 14 juillet.

Le petit lac près de l'hospice a été débarrassé de la glace qui le recouvrait, dès le 13 juin, c'est-à-dire 35 jours plus tôt que de coutume ; c'est un fait très-rare et qui est dû à la chaleur exceptionnelle du printemps ; la congélation a eu lieu dans la nuit du 31 octobre au 1er novembre, soit 13 jours plus tard que de coutume.

Pression atmosphérique.

Le tableau suivant renferme les moyennes mensuelles de la hauteur du baromètre aux différentes heures, la hauteur pour minuit, 14 heures et 16 heures, ayant été obtenue par interpolation.

GENÈVE 1862.

ÉPOQUE.	Hauteur moyenne	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit.)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1861. .	730,40	—0,04	—0,48	—0,39	—0,15	+0,09	+0,23	+0,20	—0,01	—0,20	+0.04	+0,29	+0,52
Janvier 1862	726,59	+0,14	—0,44	—0,32	—0,10	+0,10	+0.29	+0,13	—0,10	—0.29	—0.06	+0.16	+0,51
Février....	727.54	+0,29	—0,34	—0,48	—0,31	—0,15	—0,09	—0,15	—0,17	—0,08	+0,21	+0.55	+0,66
Mars	721,22	+0,26	—0,34	—0,73	—0,60	—0,16	+0,11	+0,09	—0.04	—0,02	+0,22	+0,54	+0,64
Avril.......	727,49	+0,03	—0.51	—0 84	—0,70	—0,05	+0,21	+0,20	+0,09	+0,17	+0,37	+0.54	+0,51
Mai	725,92	—0,08	—0,50	—0 83	—0,75	—0,28	+0,11	+0,28	+0,22	+0,30	+0,52	+0,60	+0,39
Juin...... ..	726,02	—0,11	—0,42	—0,62	—0,54	—0,16	+0,33	+0,37	+0,17	+0,10	+0,25	+0,41	+0,24
Juillet... ..	728,30	+0,03	—0,37	—0,68	—0,68	—0,26	+0,18	+0,21	+0,10	+0,18	+0,37	+0,51	+0,34
Août	726,47	—0,03	—0,45	—0,67	—0,62	—0,11	+0,26	+0,20	+0,03	+0,09	+0,37	+0,52	+0,43
Septembre ..	727.18	+0,12	—0,26	—0,55	—0,48	+0.08	+0.30	+0,24	—0,07	—0,15	+0,05	+0 36	+0,38
Octobre.....	728,80	+0,15	—0,30	—0,51	—0,32	—0,09	—0,03	—0,11	—0,21	—0,15	+0,17	+0,67	+0,73
Novembre ..	722,72	—0,04	—0,40	—0,28	—0,01	+0.18	+0,30	+0,14	—0.08	—0,24	—0,12	+0,17	+0,37
Hiver	728 20	+0,12	—0,42	—0,40	—0,18	+0,02	+0,15	+0.06	—0,09	—0,20	+0,06	+0,32	+0,56
Printemps...	724,85	+0,07	—0.45	—0,80	—0,69	—0,17	+0,14	+0,19	+0,09	+0,15	+0,37	+0,56	+0,51
Eté	726,94	—0,03	—0,41	—0,66	—0,62	—0,17	+0,26	+0.26	+0,10	+0,12	+0,33	+0,48	+0,34
Automne....	726,26	+0,08	—0,32	—0,45	—0,27	+0,06	+0,19	+0,09	—0,12	—0,18	+0,04	+0,41	+0,50
Année......	726,55	+0,06	—0,40	—0,57	—0,44	—0 06	+0,19	+0,15	0,00	—0,02	+0,20	+0,45	+0,48

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1862.

		mm	mm	°	mm	°	mm	°
Décembre 1861	b =	730,40	+ 0,16 sin	$(\mu$ + 209,7)	+ 0,33 sin	$(2\mu$ + 166,0)	+ 0,10 sin	$(3\mu$ + 204,0)
Janvier 1862...	b =	726,59	+ 0,06 sin	$(\mu$ + 189,5)	+ 0,34 sin	$(2\mu$ + 159,4)	+ 0,08 sin	$(3\mu$ + 180,0)
Février..	b =	727,54	+ 0,37 sin	$(\mu$ + 150,6)	+ 0,30 sin	$(2\mu$ + 170,6)	+ 0,06 sin	$(3\mu$ + 161,6)
Mars....	b =	721,22	+ 0,41 sin	$(\mu$ + 171,7)	+ 0,37 sin	$(2\mu$ + 151,0)	+ 0,03 sin	$(3\mu$ + 90,0)
Avril.........	b =	727,49	+ 0,50 sin	$(\mu$ + 192,1)	+ 0,35 sin	$(2\mu$ + 158,5)	+ 0,05 sin	$(3\mu$ + 53 1)
Mai	b =	725,92	+ 0,60 sin	$(\mu$ + 194,5)	+ 0,26 sin	$(2\mu$ + 155,4)	+ 0,05 sin	$(3\mu$ + 338,2)
Juin..........	b =	726,02	+ 0,41 sin	$(\mu$ + 207,5)	+ 0,26 sin	$(2\mu$ + 150,0)	+ 0,07 sin	$(3\mu$ + 315,0)
Juillet........	b =	728,30	+ 0,48 sin	$(\mu$ + 189,7)	+ 0,26 sin	$(2\mu$ + 149,4)	+ 0,07 sin	$(3\mu$ + 351,9)
Août..........	b =	726,47	+ 0,43 sin	$(\mu$ + 192,1)	+ 0,32 sin	$(2\mu$ + 161,6)	+ 0,05 sin	$(3\mu$ + 348,7)
Septembre....	b =	727,18	+ 0,22 sin	$(\mu$ + 193.4)	+ 0,36 sin	$(2\mu$ + 149,2)	+ 0,04 sin	$(3\mu$ + 0,0)
Octobre.......	b =	728,80	+ 0,36 sin	$(\mu$ + 152,0)	+ 0,35 sin	$(2\mu$ + 171,9)	+ 0,06 sin	$(3\mu$ + 189,5)
Novembre.....	b =	722,72	+ 0,07 sin	$(\mu$ + 252,9)	+ 0,30 sin	$(2\mu$ + 168,3)	+ 0,08 sin	$(3\mu$ + 190,6)
Hiver.	b =	728,20	+ 0,17 sin	$(\mu$ + 170,0)	+ 0,32 sin	$(2\mu$ + 163,8)	+ 0,08 sin	$(3\mu$ + 183,6)
Printemps.....	b =	724,85	+ 0,50 sin	$(\mu$ + 187,5)	+ 0,33 sin	$(2\mu$ + 154,6)	+ 0,03 sin	$(3\mu$ + 31,0)
Été.	b =	726,94	+ 0,43 sin	$(\mu$ + 196,1)	+ 0,29 sin	$(2\mu$ + 153,0)	+ 0,06 sin	$(3\mu$ + 337.4)
Automne......	b =	726,26	+ 0,18 sin	$(\mu$ + 173,7)	+ 0,35 sin	$(2\mu$ + 163,4)	+ 0,04 sin	$(3\mu$ + 203,2)
Année........	b =	726,55	+ 0,32 sin	$(\mu$ + 186,2)	+ 0,32 sin	$(2\mu$ + 158,7)	+ 0,01 sin	$(3\mu$ + 225,0)

Comparée à la moyenne des vingt-cinq années, 1836 à 1860, l'année 1862 présente les écarts suivants pour la hauteur moyenne du baromètre dans les différents mois, à côté de chaque écart j'ai inscrit le rapport avec l'écart probable du mois correspondant.

			mm		
Décembre	1861	écart	+ 2,48	rapport	0.81
Janvier	1862	»	— 0,62	»	0,28
Février	»	»	+ 1,52	»	0,45
Mars	»	»	— 4 55	»	2,41
Avril	»	»	+ 3.64	»	2,48
Mai	»	»	+ 1,08	»	1.17
Juin	»	»	— 1,05	»	1,06
Juillet	»	»	+ 0,60	»	0,90
Août	»	»	— 1,15	»	1,67
Septembre	»	»	— 0,11	»	0,10
Octobre	»	»	+ 2,26	»	1,29
Novembre	»	»	— 2,95	»	1,73

Les plus fortes anomalies se trouvent dans les mois de mars et avril, l'écart étant 2,4 fois plus grand que l'écart probable; dans les mois d'août et de novembre, l'écart dépasse aussi notablement l'écart probable, l'anomalie est encore prononcée dans les mois de mai, juin et octobre, où l'écart probable a été un peu dépassé, dans les autres mois, il n'a pas été atteint. En somme, dans l'année, la hauteur du baromètre a été de $0^{mm},09$ plus élevée que de coutume.

J'ai réuni dans le tableau suivant les éléments qui permettent d'apprécier la variabilité de la pression atmosphérique dans le courant de l'année, et qui se rapportent, soit à la valeur absolue de l'écart entre la pression pour un jour quelconque et la pression normale pour l'époque correspondante, soit aux variations brusques qui ont lieu entre deux jours consécutifs.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moyens entre 2 j. consécut.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1861...	7	24	4	±5,18	— 6,59 le 19	+ 8,66 le 28	±3.38	—6,91 le 17	+ 6,32 le 19
Janvier 1862..	17	14	4	±5,02	— 8,92 le 14	+ 6,17 le 27	±2,79	—6,04 le 12	+ 5,84 le 6
Février... ..	11	17	9	±3,82	— 5,80 le 18	+10,52 le 4	±2,97	—5,39 le 5	+ 4,06 le 18
Mars	19	12	8	±7,34	—16,26 le 3	+ 3,91 le 6	±5,06	—6,22 le 2	+12,85 le 21
Avril	4	26	6	±4,21	— 3,00 le 3	+ 6,83 le 24	±2,29	—5,14 le 2	+ 5,16 le 15
Mai.....	11	20	5	±3,72	— 6,43 le 12	+ 7,86 le 2	±2,56	—4,53 le 11	+ 5,20 le 30
Juin	18	12	9	±2,51	— 5,24 le 11	+ 4,23 le 3	±2,49	—5,77 le 10	+ 4,39 le 12
Juillet.	13	18	8	±2,89	— 7,98 le 6	+ 5,12 le 20	±2,73	—4,91 le 9	+ 8,87 le 6
Août........	23	8	7	±2,58	— 4,69 le 17	+ 2,62 le 23	±1,95	—3,73 le 25	+ 4,50 le 22
Septembre ...	14	16	7	±2,79	— 6,86 le 4	+ 4,95 le 8	±2,41	—4,61 le 3	+ 5,86 le 6
Octobre......	7	24	5	±4,91	— 5,51 le 20	+ 9,48 le 3	±3,49	—6,54 le 22	+ 9,28 le 20
Novembre....	22	8	4	±6,50	—17,68 le 25	+ 3,40 le 8	±3,61	—7,92 le 10	+10,38 le 26
Année	166	199	76	±4,29	—17,68 le 25 novembre	+10,52 le 4 février	±2,98	—7,92 le 10 novembre	+12,85 le 21 mars

En moyenne, la variabilité du baromètre a été moindre en 1862 que dans l'année précédente, que l'on considère le chiffre de l'écart moyen et les écarts extrêmes, ou que l'on considère les changements entre deux jours consécutifs; cet élément ne pourra être déterminé exactement que par une série d'observations prolongées.

Je donne dans les tableaux mensuels la marche des ondes atmosphériques, en indiquant le maximum et le minimum de chaque oscillation accidentelle du baromètre avec la date et l'heure; je me bornerai à reproduire ici le maximum absolu et le minimum absolu enregistrés dans le courant de chaque mois.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Décembre 1861	736,88	le 28	720,07	le 19	16.81
Janvier 1862...	734,23	le 27	717,54	le 14	16,69
Février..	738,45	le 4	719,94	le 18	18,51
Mars...	730,52	le 11	707,11	le 29	23,41
Avril....... .	732,00	le 24	720,06	le 3	11,94
Mai..........	733,62	le 2	717,04	le 12	16,58
Juin..........	731,07	le 4	719,81	le 12	11,26
Juillet........	733,69	le 20	717,44	le 6	16,25
Août.........	731,08	le 25	722,01	le 16	9,07
Septembre....	733,16	le 7	718,86	le 4	14,30
Octobre... ..	736,72	le 3	719,41	le 20	17,31
Novembre.....	730,41	le 8	707,95	le 25	22,46
Année........	738,45	le 4 févr.	707,11	le 29 mars.	31,34

Les tableaux suivants renferment les moyennes mensuelles des observations barométriques faites au St-Bernard aux différentes heures; les chiffres indiqués pour minuit, 14 heures et 16 heures, ont été obtenus par interpolation.

Observations du baromètre faites au Saint-Bernard en 1862.

ÉPOQUE.	Hauteur moyenne	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1861.	564,04	+0.24	+0,02	+0,08	0.00	+0,09	+0,19	0,00	−0,37	−0,57	−0,27	+0,12	+0,43
Janvier 1862 ...	559,52	+0,02	−0,11	−0,02	+0,10	+0,21	+0,31	+0,19	−0,20	−0,54	−0,35	+0,04	+0,36
Février..	561,25	+0,07	−0,15	−0,09	+0,04	+0,18	+0,20	+0,07	−0.17	−0,33	−0,19	+0,09	+0,24
Mars..........	559,30	+0,07	−0,09	−0,08	+0,08	+0,30	+0.37	+0,16	−0,18	−0,41	−0,33	−0,06	+0,17
Avril..........	565,29	+0,09	+0,04	0,00	+0,10	+0,40	+0,46	+0,19	−0,26	−0,50	−0,39	−0,20	+0,06
Mai..........	565,69	+0,12	+0.07	−0,07	−0,04	+0,10	+0,22	+0,08	−0,19	−0,29	−0,14	+0,03	+0,14
Juin...	565.43	+0,08	+0,09	−0,01	+0,03	+0,16	+0,37	+0,16	−0.25	−0,40	−0 17	−0,03	+0,01
Juillet.........	569.49	+0,12	+0,11	+0,10	+0 13	+0,21	+0,38	+0,18	−0,23	−0,49	−0,39	−0,12	+0,01
Août..........	567,17	+0,05	+0,03	−0 01	+0,03	+0,19	+0.31	+0,12	−0,21	−0,34	−0,20	−0,03	+0,08
Septembre.....	567,17	+0,15	+0.06	−0,03	+0,09	+0,27	+0,34	+0,13	−0,28	−0,52	−0.38	+0,01	+0,19
Octobre...	567,24	+0,16	−0,03	−0,07	+0.03	+0,10	+0.14	+0,02	−0,28	−0,47	−0,26	+0,23	+0,38
Novembre......	559,35	−0,01	−0,15	−0,10	+0,09	+0,21	+0,26	+0,16	−0,15	−0,39	−0,27	+0,06	+0,24
Hiver..........	561,61	+0,12	−0,07	0,00	+0,05	+0,17	+0,24	+0,09	−0,24	−0,48	−0,27	+0,09	+0,35
Printemps	563,41	+0.09	0,00	−0,06	+0,04	+0,26	+0,35	+0,14	−0,21	−0,40	−0,29	−0,08	+0,12
Été......	567,38	+0,09	+0,08	+0,03	+0,07	+0,19	+0,35	+0,16	−0,23	−0,41	−0,25	−0,05	+0,04
Automne.......	564,62	+0,09	−0,04	−0,07	+0,07	+0,19	+0,24	+0,10	−0,24	−0,46	−0,31	+0,10	+0,27
Année.......	564,27	+0,10	−0,01	−0.03	+0,05	+0,20	+0 30	+0,12	−0,23	−0,44	−0,28	+0,01	+0.19

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :

ÉPOQUE.	Hauteur moyenne	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Hiver..........	166,59	0,00	−0,35	−0,40	−0,23	−0,15	−0,09	−0,03	+0,15	+0,28	+0,33	+0,23	+0,21
Printemps......	161,44	−0,02	−0,45	−0,74	−0,73	−0,43	−0 21	+0,05	+0,30	+0,55	+0,66	+0,64	+0,39
Eté............	159,56	−0,12	−0,49	−0 69	−0,69	−0,36	−0,09	+0,10	+0,33	+0,53	+0.58	+0,53	+0,30
Automne......	161,64	−0.01	−0,28	−0,38	−0.34	−0,13	−0,05	−0,01	+0,12	+0,28	+0,35	+0,31	+0,23
Année.........	162,28	−0,04	−0,39	−0,54	−0,49	−0,26	−0,11	+0.03	+0,23	+0,42	+0,48	+0,44	+0,29

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1862.

	mm	mm °	mm °	mm °
Décembre 1861	b = 564,04	+ 0,24 sin (μ + 51,7)	+ 0,27 sin (2μ +152,5)	+ 0,07 sin (3μ +254,1)
Janvier 1862...	b = 559,52	+ 0,18 sin (μ + 7,9)	+ 0,29 sin (2μ +153,4)	+ 0,11 sin (3μ +232,6)
Février..	b = 561,25	+ 0,09 sin (μ + 13,2)	+ 0,22 sin (2μ +161,6)	+ 0,04 sin (3μ +206,6)
Mars....	b = 559,30	+ 0,20 sin (μ +351,3)	+ 0,25 sin (2μ +151,4)	+ 0,02 sin (3μ +206,6)
Avril.........	b = 565,29	+ 0,30 sin (μ +352,4)	+ 0,26 sin (2μ +150,5)	+ 0,03 sin (3μ + 0,0)
Mai	b = 565,69	+ 0,10 sin (μ + 26,6)	+ 0,18 sin (2μ +143,1)	+ 0,04 sin (3μ +333,4)
Juin..........	b = 565,43	+ 0,18 sin (μ + 0,0)	+ 0,19 sin (2μ +144,6)	+ 0,09 sin (3μ +328,0)
Juillet..... ..	b = 569,49	+ 0,28 sin (μ + 2,0)	+ 0,20 sin (2μ +136,0)	+ 0,06 sin (3μ +301,0)
Août.........	b = 567,17	+ 0,15 sin (μ + 0,0)	+ 0,18 sin (2μ +149,9)	+ 0,05 sin (3μ +323,1)
Septembre....	b = 567,17	+ 0,23 sin (μ + 12,3)	+ 0,27 sin (2μ +148,7)	+ 0,03 sin (3μ +270,0)
Octobre.......	b = 567,24	+ 0,17 sin (μ + 57,3)	+ 0,27 sin (2μ +157,8)	+ 0,08 sin (3μ +232,4)
Novembre.....	b = 559,35	+ 0,13 sin (μ +350,9)	+ 0,24 sin (2μ +158,2)	+ 0,07 sin (3μ +225,0)
Hiver.	b = 561,61	+ 0,16 sin (μ + 29,7)	+ 0,26 sin (2μ +155,4)	+ 0,07 sin (3μ +236,3)
Printemps.....	b = 563,41	+ 0,19 sin (μ +357,0)	+ 0,23 sin (2μ +146,6)	+ 0,02 sin (3μ +333,4)
Été.	b = 567,38	+ 0,20 sin (μ + 1,4)	+ 0,19 sin (2μ +144,6)	+ 0,07 sin (3μ +318,0)
Automne	b = 564,62	+ 0,16 sin (μ + 21,8)	+ 0,25 sin (2μ +154,4)	+ 0,06 sin (3μ +235,0)
Année........	b = 564,27	+ 0,17 sin (μ + 10,0)	+ 0,23 sin (2μ +149,0)	+ 0,04 sin (3μ +270,0)

Comparée à la moyenne des vingt années, 1841-60, l'année 1862 présente les différences suivantes pour la hauteur moyenne du baromètre dans chaque mois.

		mm
Décembre 1861	écart	+ 2,20
Janvier 1862		— 0,77
Février		+ 1,65
Mars		— 1,15
Avril		+ 4,53
Mai.......		+ 2,27
Juin		— 1,60
Juillet.		+ 1,08
Août..		— 1,08
Septembre...		+ 0,08
Octobre		+ 2,78
Novembre		— 2,44

Ces différences se rapprochent assez de celles que nous avons trouvées pour Genève, sauf au printemps, où la pression atmosphérique était relativement plus élevée au St-Bernard qu'à Genève ; ce résultat doit être attribué à la chaleur exceptionnelle de cette saison, la dilatation de la colonne atmosphérique ayant augmenté le nombre des couches d'air qui se trouvent au-dessus de cette station élevée.

J'ai calculé pour le St-Bernard, de même que pour Genève, les éléments qui représentent la variabilité de la pression atmosphérique, et qui se rapportent, soit à la valeur absolue de l'écart entre la pression pour un jour quelconque et la pression normale pour l'époque correspondante, soit aux variations brusques qui ont lieu entre deux jours consécutifs ; dans les deux dernières colonnes la date du premier jour est seule indiquée.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moyens entre 2 j. consécut.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1861...	6	25	4	±4,89	− 6,31 le 19	+ 7,9[illegible] le 28	±3,05	−6,70 le 17	+ 6,86 le 7
Janvier 1862..	15	16	4	±5,84	−11,02 le 19	+ 6,15 le 28	±2,89	−7,28 le 3	+ 5,47 le 6
Février.....	11	17	6	±4,86	− 7,33 le 8	+10,15 le 4	±2,65	−7,47 le 6	+ 4,15 le 18
Mars........	14	17	4	±5,03	−10,31 le 3	+ 5,24 le 11	±3,33	−4,99 le 27	+ 7,52 le 4
Avril........	4	26	2	±6,06	− 6,08 le 14	+ 9,32 le 25	±2,30	−4,77 le 12	+ 4,82 le 15
Mai.........	7	23	4	±4,08	− 5,23 le 12	+ 9,27 le 2	±1,83	−3,77 le 8	+ 2,70 le 29
Juin.........	21	9	1	±3,79	− 7,31 le 18	+ 5,62 le 8	±1,70	−3,67 le 9	+ 2,74 le 23
Juillet......	10	21	7	±2,70	− 3,94 le 16	+ 5,37 le 20	±2,28	−3,94 le 10	+ 3,63 le 7
Août........	23	8	5	±2,69	− 5,55 le 17	+ 3,94 le 2	±1,53	−2,82 le 15	+ 3,39 le 10
Septembre...	16	14	5	±2,82	− 5,26 le 4	+ 5,67 le 28	±1,64	−3,02 le 18	+ 3,28 le 6
Octobre......	7	24	5	±4,48	− 4,13 le 24	+ 8,53 le 14	±2,34	−3,88 le 22	+ 5,64 le 24
Novembre....	21	9	4	±5,35	−11,08 le 25	+ 3,48 le 7	±2,78	−8,35 le 10	+ 6,10 le 26
Année.......	155	209	51	±4,38	−11,08 le 25 novembre	+10,15 le 4 février	±2,36	−8,35 le 10 novembre	+ 7,52 le 4 mars

Au mois de mai, il s'est trouvé un jour pour lequel la pression était exactement égale à sa valeur normale, il faudrait par conséquent ajouter un jour avec un écart égal à 0. La variabilité du baromètre est moindre au St-Bernard qu'à Genève, surtout si on considère les changements qui ont lieu d'un jour à l'autre; on peut remarquer, en outre, qu'à Genève la moyenne des écarts positifs les plus grands, qui se sont présentés d'un jour à l'autre, est notablement plus élevée que la moyenne des écarts négatifs les plus considérables, d'où résulte que dans les grandes oscillations atmosphériques le baromètre monte plus rapidement qu'il ne baisse; cette différence ne se trouve pas au St-Bernard, et elle est plutôt en sens contraire.

Les plus fortes et les plus faibles valeurs de la pression atmosphérique, observées au St-Bernard, sont pour chaque mois :

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Décembre 1861	569,95	le 15	553,70	le 19	16.25
Janvier 1862...	567,22	le 31	548,96	le 19	18,26
Février	570,83	le 4	551,46	le 8	19,37
Mars	565,79	le 11	549,15	le 3	16,64
Avril	571,33	le 25	553,06	le 15	18,27
Mai...........	572,08	le 2	557,59	le 12	14,49
Juin..........	572,06	le 8	558,78	le 18	13,28
Juillet	574,50	le 20	563,78	le 6	10,72
Août	573,28	le 2	562,20	le 17	11,08
Septembre	572,05	le 28	562,13	le 5	9,92
Octobre	574,33	le 4	558,80	le 24	15,53
Novembre.....	566,77	le 7	548,32	le 26	18,45
Année........	574,50	le 20 juill.	548,32	le 26 nov.	26,18

Avec les données suivantes : 726^{mm},55 et 564^{mm},27 pour la pression barométrique moyenne de toute l'année, à Genève et au St-Bernard, + 10°,30 et — 0°,60 pour la température moyenne de toute l'année dans les deux stations, 0,78 et 0,80 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve, d'après mes tables hypsométriques, 2068^{m},7 pour la différence d'altitude entre les deux stations; la différence de hauteur est de 2070 mètres d'après le nivellement direct.

État hygrométrique de l'air. — GENÈVE 1862.

ÉPOQUE.	TENSION DE LA VAPEUR.									FRACTION DE SATURATION EN MILLIÈMES.								
	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm									
Déc.. . 1861	4,34	4,50	4,44	4,40	4,39	4,35	4,16	4,12	4,26	824	821	826	879	907	927	939	930	876
Janvier 1862	4,50	4.55	4,57	4,52	4,40	4,32	4,19	4,20	4,35	801	784	818	868	887	889	911	915	860
Février....	4,76	4,81	4,82	4,88	4,73	4.64	4,31	4,32	4,58	786	748	773	852	885	919	938	919	853
Mars	6,25	6,10	6,09	6,20	6.26	6,13	5,71	5,99	6,25	719	656	654	716	796	842	935	885	792
Avril.......	7,41	7,13	6,97	7,12	7,29	7,22	6,87	7,47	7,52	611	549	552	608	696	762	898	802	679
Mai	9,23	8,93	9,10	9,00	9,46	9,36	9,16	9,44	9,37	575	551	570	601	725	785	877	739	645
Juin..... ..	9,18	8,87	9,02	9,25	9,76	9,93	9,88	9,99	9,74	551	512	533	595	699	785	830	732	637
Juillet... ..	10,43	10,03	10,37	10.22	10,51	10,58	10,58	10,88	10.81	484	430	453	494	600	674	790	647	557
Août	10,06	10,32	10,50	10,47	10,73	10,52	10,12	10,66	10,58	550	541	580	609	713	754	859	744	651
Septembre ..	10,84	10,61	10,80	11,13	11,04	10,61	9,93	10,50	10,94	708	676	707	787	859	896	930	861	775
Octobre.....	8,70	8,82	8,70	8,83	8,70	8,65	8,06	8,35	8,71	705	696	702	783	821	858	890	852	784
Novembre ..	5,98	6,02	6,00	5,94	5,90	5,84	5,93	5,97	6,11	767	755	788	828	861	870	907	895	839
Hiver	4.53	4,62	4.60	4,59	4,50	4,43	4,22	4,21	4.39	804	786	807	867	893	911	929	921	863
Printemps...	7,63	7.39	7.39	7,44	7,67	7,57	7,25	7,63	7.71	635	586	593	642	740	797	904	809	706
Eté	9,90	9,75	9,97	9,99	10.34	10,35	10,20	10,52	10,38	528	494	522	566	670	737	826	708	615
Automne....	8,51	8,49	8,50	8,64	8,55	8,37	7,97	8,27	8,59	726	708	732	799	847	875	909	870	799
Année... ..	7,66	7,57	7,63	7,68	7,78	7,70	7,43	7,68	7,78	673	643	662	717	787	829	892	826	745

J'ai déduit de ces observations, en ajoutant la correction nécessaire pour tenir compte des heures de nuit, la valeur moyenne de la tension de la vapeur pour chaque mois, et j'y ai ajouté les valeurs extrêmes observées dans le courant du mois. De même, pour l'humidité relative, j'ai calculé la fraction moyenne de saturation pendant le mois, en y ajoutant les valeurs extrêmes ; lorsque le maximum est égal à 1, j'indique le nombre de fois où ce maximum a été atteint, c'est-à-dire le nombre de cas où, au moment de l'observation, entre 6 heures du matin et 10 heures du soir, l'air était saturé.

ÉPOQUE.	Tension			Fraction de saturation			
	moy.	minim.	max.	moy.	minim.	max.	
	mm	mm	mm				
Décemb. 1861	4,30	2,57	8,20	0.890	0,47	1.00	61 fois.[1]
Janvier 1862	4.38	2,08	8,44	0,872	0.44	1,00	38 fois.
Février......	4,62	1,60	7,56	0,874	0.43	1 00	48 fois
Mars......	6,06	2,56	8,89	0,812	0,43	1.00	10 fois.
Avril.......	7,17	2,85	10,13	0,724	0,28	1,00	8 fois.
Mai.......	9,20	5,84	13,94	0.714	0,29	1,00	3 fois.
Juin.........	9,47	5,70	15,72	0,697	0,33	1.00	1 fois.
Juillet.......	10,44	5,64	15,60	0,618	0,27	1,00	2 fois.
Août........	10,32	6,25	15,39	0,711	0,25	1,00	1 fois.
Septembre ..	10,55	7,75	13,62	0,837	0,44	1.00	7 fois.
Octobre	8,48	4,74	12,05	0.810	0,41	1.00	7 fois
Novembre....	5,93	2,94	10,13	0,849	0,46	1,00	9 fois.
Hiver........	4,43	1,60	8,44	0,879	0,43	1,00	147 fois.
Printemps....	7,48	2,56	13,94	0.750	0,28	1,00	21 fois.
Eté..........	10,08	5.64	15,72	0,675	0.25	1,00	4 fois.
Automne.....	8,32	2,94	13,62	0,832	0,41	1,00	23 fois.
Année......	7 59	1,60	15,72	0,78	0 25	1.00	195 fois.

[1] L'air a été saturé pendant tout le jour, le 9, 10, 11 et 12.

Comparée à la moyenne des douze années, 1849 à 1860, l'année 1862 présente les écarts suivants sur la tension de la vapeur, sur la fraction de saturation et sur le nombre de cas de saturation.

	Excès de la tension moyenne.	Excès de la fraction moy. de saturation.	Excès dans le nombre des cas de saturation.
	mm		
Décembre 1861.	+ 0,15	+ 0,019	+ 18
Janvier 1862...	+ 0,23	+ 0,015	+ 7
Février.	+ 0,46	+ 0,051	+ 33
Mars..........	+ 1,61	+ 0,061	+ 1
Avril	+ 1,34	+ 0,011	+ 3
Mai	+ 1,64	— 0,010	— 1
Juin	— 0,43	— 0,013	— 2
Juillet	— 0,08	— 0,063	0
Août	— 0,07	— 0,005	— 1
Septembre	+ 1,16	+ 0,052	+ 1
Octobre	+ 0,75	— 0,032	— 20
Novembre......	+ 0,65	+ 0,003	— 8
Hiver.........	+ 0,28	+ 0,028	+ 58
Printemps.... .	+ 1,52	+ 0,020	+ 3
Eté	— 0,27	— 0,027	— 3
Automne	+ 0,85	+ 0,008	— 27
Année.........	+ 0,59	+ 0,007	+ 31

Sauf pendant les trois mois d'été, où l'écart sur la tension est négatif, l'air a été plus humide que de coutume pendant l'année 1862, tous les autres écarts étant positifs et atteignant même des valeurs très-considérables, comme au printemps et en automne; aussi trouve-t-on un écart positif pour la fraction de saturation pour la plupart des mois de ces deux saisons, malgré leur température exceptionnellement élevée. En somme, dans l'année, on peut constater un écart positif très-notable pour la tension de la vapeur, la fraction de saturation étant également au-dessus de la moyenne, mais d'une très-faible quantité.

Des vents.

Les chiffres qui représentent l'intensité avec laquelle chaque vent a soufflé à Genève, pendant l'année 1862, sont :

Vents observés à Genève, dans l'année 1862.

	Décembre 1861	Janvier 1862	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septemb.	Octobre.	Novemb.	Année.
Calme	2	2	2	1	3	6	5	3	3	11	3	12	53
N....	74	37	65	80	95	89	65	59	68	63	55	41	791
NNE.	89	80	117	23	82	11	22	26	39	38	41	75	643
NE...	25	15	11	6	8	3	4	4	7	11	11	30	135
ENE..	4	5	2	1	3	1	3	4	0	2	0	5	30
E....	10	8	5	2	1	7	6	12	9	6	7	6	79
ESE..	8	5	3	3	1	2	2	2	1	3	0	4	34
SE.	11	5	3	2	2	5	3	4	8	12	5	8	68
SSE..	6	3	7	10	2	3	13	6	9	9	7	4	79
S...	27	43	21	31	15	41	45	49	51	34	38	35	430
SSO.	35	83	46	54	48	59	65	75	63	48	66	49	691
SO...	27	39	10	25	28	34	37	29	24	14	54	22	343
OSO..	6	4	1	2	2	15	7	19	6	6	5	6	79
O....	7	18	11	19	13	9	17	17	10	5	18	8	152
ONO..	2	2	1	1	1	2	3	4	0	0	1	0	17
NO...	4	4	4	7	4	6	4	7	3	7	6	3	59
NNO..	6	2	15	19	29	22	19	16	18	15	16	2	179

De ces chiffres on déduit l'intensité relative des deux principaux courants atmosphériques, les vents du nord-est et ceux du sud-ouest, ainsi que la direction et l'intensité de la résultante de tous les vents, calculées par la formule de Lambert.

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1861.	1,98	N 19°,5 E	33	1
Janvier 1862 ...	0,78	S 39,7 O	13	1
Février	2,25	N 10,0 E	48	1
Mars	0,85	N 70,0 O	18	0
Avril	1,78	N 11,9 O	46	1
Mai	0,70	S 85,1 O	23	2
Juin ,..........	0,58	S 57,0 O	26	2
Juillet	0,56	S 53,6 O	28	1
Août	0,80	S 59,4 O	11	1
Septembre	1,12	N 15,3 O	7	4
Octobre..	0,63	S 64,4 O	24	1
Novembre.... .	1,31	N 36,5 E	13	4
Année	0,99	N 52,5 O	12	2

En somme, dans l'année, les vents du sud-ouest ont soufflé plus fréquemment que de coutume, c'est ce qui ressort, soit du rapport du nombre des vents compris entre le nord et l'est, d'une part, et le nombre de ceux compris entre le sud et l'ouest, d'autre part, soit de la résultante de tous les vents observés. Mais si l'on compte le nombre de jours de forte bise, ou de fort vent du midi, le résultat est différent, car on trouve une augmentation pour les premiers relativement à la moyenne, et une diminution pour les seconds. Voici les nombres pour l'année 1862 :

	Nombre de jours de forte bise.	fort vent de midi.
Décembre 1861.	10	1
Janvier 1862 ...	6	4
Février	5	1
Mars	0	2
Avril	7	3
Mai	0	7
Juin	4	8
Juillet	2	7
Août	3	5
Septembre	2	2
Octobre...	3	8
Novembre......	5	3
Année	47	51

Les vents observés au St-Bernard, pendant l'année 1862, sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1861...	179	46	3,89	N 45° E	48	23
Janvier 1862.	229	24	9,54	N 45 E	73	21
Février......	125	33	3,79	N 45 E	37	40
Mars........	75	168	0,4	S 45 O	33	24
Avril........	100	55	1,82	N 45 E	17	47
Mai.........	133	130	1,01	N 45 E	1	15
Juin.........	196	104	1,90	N 45 E	34	12
Juillet.......	182	89	2,04	N 45 E	33	16
Août........	155	130	1,19	N 45 E	9	12
Septembre...	88	183	0,48	S 45 O	35	19
Octobre......	104	115	0,90	S 45 O	4	34
Novembre ...	68	79	0,86	S 45 O	4	56
Année.......	1634	1156	1,41	N 45 E	15	29

Dans plusieurs mois on trouve que le vent dominant soufflait d'une direction opposée à Genève et au St-Bernard, et cela avec une intensité assez marquée, comme en janvier, juin, juillet, août, septembre et novembre.

De la pluie.

Le relevé du nombre de jours de pluie ou de neige, ainsi que de la quantité d'eau tombée, fournit les résultats suivants, à Genève et au St-Bernard, pendant l'année 1862 :

	Genève.			Saint-Bernard.		
	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.
Décembre 1861	3	25,9	20	2	28,6	14
Janvier 1862..	15	85,8	97	10	174,8	124
Février.......	10	40.8	38	2	7,8	15
Mars.........	15	101,5	94	14	137,7	108
Avril.........	8	33,8	45	5	40,0	68
Mai..........	12	53,8	39	11	63,4	93
Juin.........	18	87,3	48	12	57,5	60
Juillet.......	9	45.4	29	6	35,5	27
Août.........	16	88,8	67	10	62,7	79
Septembre...	14	83,3	68	12	141.7	87
Octobre.......	16	83,6	82	14	95,4	115
Novembre...	6	16,6	54	8	92,3	79
Hiver........	28	152,5	155	14	211,2	153
Printemps....	35	189,1	178	30	241,1	269
Eté.........	43	221,5	144	28	155,7	166
Automne.....	36	183,5	204	34	329,4	281
Année........	142	746,6	681	106	937,4	869

A Genève, il n'est tombé que fort peu de neige pendant l'hiver de l'année 1862, et elle n'est restée sur le sol que pendant deux ou trois jours, au plus; le plus souvent elle avait déjà fondu au bout de quelques heures. Les nombres du tableau précédent comprennent déjà cette forme de précipitation aqueuse; si l'on en extrait ceux qui se rapportent spécialement à la chute de neige, on trouve :

Décembre 1861	jours de neige	1	Hauteur de la neige tombée	5mm
Janvier 1862...	»	5	»	193
Mars.........	»	1	»	50
Total ...	»	7	»	248

La comparaison de l'année 1862, avec la moyenne des trente-six années 1826-61, donne les différences suivantes pour Genève, dans le nombre de jours de pluie, et dans la quantité d'eau tombée :

	Excès sur le nombre de jours.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
Décembre 1861...	— 6	— 26mm,9
Janvier 1862.....	+ 6	+ 39,4
Février.........	+ 2	+ 3,6
Mars	+ 6	+ 59,5
Avril...........	— 3	— 24,9
Mai.............	0	— 28,5
Juin	+ 8	+ 11,7
Juillet	— 1	— 26.3
Août	+ 6	+ 9,5
Septembre.......	+ 3	— 17,5
Octobre........	+ 5	— 16,8
Novembre	— 5	— 61,7
Hiver...	+ 2	+ 16,1
Printemps.......	+ 3	+ 6,1
Eté...	+13	— 5,1
Automne........	+ 3	— 96,0
Année.	+21	— 78,9

On trouve ainsi une augmentation très-notable dans le nombre de jours de pluie, surtout en été, tandis qu'il y a déficit dans la quantité d'eau tombée. Cette anomalie peut tenir, soit à ce que le nombre d'heures pendant lequel il a plu, dans un jour de pluie, ait été moindre que de coutume, soit à ce que les pluies aient été moins abondantes et que la quantité moyenne tombée par heure ait été plus faible. Ces deux causes paraissent avoir agi concurremment en été, ainsi qu'il ressort du tableau suivant comparé au tableau analogue pour l'année dernière ; j'indique la durée relative de la pluie pour chaque mois, obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures dans le mois : le nombre moyen d'heures de pluie par jour de pluie, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure de pluie.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moy. d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 h.	Durée relative de la pluie.	Nombre moy. d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 h.
			mm			mm
Déc. 1861.	0,027	6,7	1,29	0,019	7,0	2,04
Janv. 1862	0,130	6,7	0,88	0,167	12,4	1,41
Février ...	0,057	3,8	1,07	0,022	7,5	0,52
Mars......	0,126	6,3	1,08	0,145	7,7	1,27
Avril	0,062	5,6	0,75	0,094	13,6	0,59
Mai.......	0,052	3,2	1,38	0,125	8,5	0,68
Juin......	0,067	2,7	1,80	0,083	5,0	0,96
Juillet	0,039	3,2	1,57	0,036	4,5	1,31
Août.....	0.090	4,2	1,33	0,106	7,9	0,79
Septembre.	0,094	4,9	1,22	0,121	7,2	1,63
Octobre...	0,110	5,1	1,02	0,155	8,2	0,82
Novembre.	0,075	9,0	0,31	0,110	9,9	1,17
Hiver	0,072	5,5	0,98	0,071	10,9	1,38
Printemps.	0.081	5,1	1,06	0,122	9,0	0,90
Eté.......	0,065	3,3	1,54	0,075	5,9	0,94
Automne..	0,093	5,7	0,90	0,129	8,3	1,17
Année	0.078	4,8	1,10	0,099	8,2	1,08

En 1861, à Genève, la pluie avait duré en moyenne 5 $^1/_2$ heures par jour de pluie, et la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure avait été de $1^{mm},32$; la durée relative avait été peu différente, 0,074, au lieu de 0,078.

La comparaison de Genève avec le St-Bernard montre que, dans cette dernière station, la durée relative de la pluie est notablement plus considérable, bien que le nombre total de jours de pluie ou de neige soit beaucoup plus faible, parce que la pluie dure un plus grand nombre d'heures. La quantité d'eau tombée dans une heure est peu différente dans les deux stations, si l'on prend la moyenne annuelle ; mais à Genève ce sont les pluies d'été qui sont les plus abondantes, tandis qu'au St-Bernard ce sont celles d'hiver ou plutôt les chutes de neige dans cette saison.

La quantité d'eau tombée au St-Bernard est fort au-dessous de la moyenne; et les chutes de neige de l'hiver ont été bien moins abondantes que de coutume, car on ne trouve, dans chaque mois, que les chiffres suivants pour la hauteur de la neige tombée, tandis que la quantité moyenne annuelle s'élève à 10 mètres environ.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois :

	mètres
Décembre 1861	0,325
Janvier 1862	1,580
Février	0,090
Mars	1,270
Avril	0,270
Mai	0,305
Juin	0,093
Juillet	0,020
Août	0,000
Septembre	0,050
Octobre	0,755
Novembre	0,770
Année	5,528

Le nombre de jours, où l'on a entendu le tonnerre à Genève, pendant l'année 1862, s'élève à 20 ; il se répartit comme suit entre les différents mois; les détails relatifs à chaque orage se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1861	0	0
Janvier 1862	0	0
Février	0	0
Mars	2	0
Avril	2	1
Mai	3	3
Juin	3	1
Juillet	3	2
Août	6	4
Septembre	0	1
Octobre	1	0
Novembre	0	0

Voici enfin le nombre de jours, où on a observé, à Genève, des halos autour du soleil, ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lun.
Décembre 1861	0	0	1	2
Janvier 1862...	0	0	0	1
Février	0	0	0	0
Mars	5	0	3	5
Avril.........	6	0	1	2
Mai	7	0	0	2
Juin.	4	0	0	3
Juillet	3	0	0	3
Août	3	0	2	3
Septembre	6	0	1	1
Octobre.......	4	0	2	7
Novembre. ...	1	0	2	5
Année	39	0	12	34

État du ciel.

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours, *clairs*, *peu nuageux*, *très-nuageux* ou *couverts*, selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00. On trouve pour l'année 1862 les nombres suivants pour ces différentes catégories et pour la clarté moyenne du mois, soit à Genève, soit au St-Bernard.

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours nuag.	Jours très-n.	Jours couverts.	Clarté moy.	Jours clairs.	Jours nuag.	Jours très-n.	Jours couverts.	Clarté moy.
Déc. 1861.	1	5	7	18	0.77	21	6	2	2	0,21
Janv. 1862.	1	3	4	23	0,82	11	2	8	10	0,53
Février ...	1	8	6	13	0 69	10	6	3	9	0 46
Mars	1	7	3	20	0,72	5	3	3	20	0,73
Avril	8	9	9	4	0,46	9	7	4	10	0.51
Mai	3	3	16	9	0.61	4	2	7	18	0,72
Juin	3	3	13	11	0,65	2	3	7	18	0,75
Juillet ...	7	13	7	4	0.42	9	10	6	6	0,46
Août	8	7	6	10	0,51	6	5	8	12	0,60
Septembre.	1	7	8	14	0,69	2	5	5	18	0.74
Octobre..	2	5	7	17	0,70	5	4	5	17	0.67
Novembre.	0	1	7	22	0.86	7	2	3	18	0 68
Hiver . ..	3	16	17	54	0.76	42	14	13	21	0,40
Printemps.	12	19	28	33	0 60	18	12	14	48	0,65
Eté	18	23	26	25	0,53	17	18	21	36	0.60
Automne.	3	13	22	53	0,75	14	11	13	53	0.69
Année ...	36	71	93	165	0 658	91	55	61	158	0,588

Le ciel a été moins clair que de coutume, à Genève, pendant l'année 1862, c'est ce qui ressort des chiffres du tableau précédent comparés à la moyenne. La diminution sur le nombre des jours clairs est surtout remarquable; il n'y en a eu que 36 dans toute l'année, tandis que l'on en compte en moyenne 61.

Le nombre de jours de brouillard, à Genève, a été trouvé comme suit :

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.
Décembre 1861.....	6	4
Janvier 1862........	1	7
Février	1	8
Mars.	0	5
Avril	0	2
Mai	0	1
Juin...............	0	1
Août	0	1
Septembre	0	2
Octobre.......	0	1
Novembre..	0	2
Année	8	34

SUR LA

DIATHERMANSIE DE L'AIR SEC

ET DE L'AIR HUMIDE.

PAR

M. G. MAGNUS[1].

Je me trouve obligé, bien qu'à regret, de revenir sur un sujet qui n'est pas d'une assez grande importance pour justifier un nouveau travail. Mais comme la méthode que j'ai suivie pour déterminer le passage de la chaleur au travers de substances gazeuses, a été attaquée, qu'on a affirmé qu'elle ne pouvait pas conduire à des résultats certains, j'ai cru de mon devoir de la soumettre à une nouvelle épreuve, d'autant plus, qu'à mon passage à Londres, l'automne dernier, M. Tyndall a eu l'obligeance de me montrer quelques expériences, exécutées selon sa méthode, et qui paraissaient être en contradiction avec les miennes.

L'on sait qu'il existe une différence entre les résultats que M. Tyndall a obtenus pour l'absorption de la chaleur rayonnante et les miens. Toutefois nous avons trouvé pour les différents gaz, indépendamment l'un de l'autre et par deux méthodes tout différentes, des valeurs qui

[1] Traduction tirée des *Poggendorff's Annalen*, tome CXVIII, p. 575.

s'accordent autant qu'on peut l'espérer d'expériences de ce genre ; mais la valeur que j'ai obtenue pour l'absorption de l'air sec comparé à l'air raréfié est beaucoup plus grande que celle obtenue par M. Tyndall. Les plus grandes différences entre nos observations se rapportent aux expériences sur l'air saturé de vapeur d'eau à la température ordinaire. Ainsi, tandis que je n'observais qu'une minime différence dans le pouvoir de laisser passer la chaleur entre l'air sec et l'air humide, M. Tyndall[1] trouvait l'absorption par l'air humide si considérable qu'en prenant pour unité l'absorption par l'air sec, celle de l'air non séché du laboratoire était :

Le	23	octobre	1861	égale à	63.
»	24	»	»	»	62.
»	29	»	»	»	65.
»	31	»	»	»	56.
»	1	novembre	»	»	50.
»	4	»	»	»	58.
»	8	»	»	»	49.
»	12	»	»	»	62.

M. Tyndall emploie deux sources de chaleur qui sont situées aux deux côtés opposés d'une pile thermo-électrique, munie de ses deux réflecteurs coniques ; on modifie leur intensité jusqu'à ce que l'échauffement des deux côtés de la pile soit identique, et le galvanomètre, par conséquent, sans déviation[2]. Pour atteindre ce but, on place devant l'une des sources de chaleur, qu'on pourrait appeler celle de compensation, et qui consiste en un cube d'eau bouillante, un écran formé de deux

[1] *Phil. Transactions* for 1862, p. 89. Voyez *Archives*, 1862, t. XV, p. 28.

[2] Voyez *Archives*, 1863, t. XVI, p. 6, avec planche.

lames de fer-blanc parallèles que l'on peut déplacer de façon à régulariser la chaleur qui arrive à la pile et la rendre toujours identique à celle qui pénètre par le côté opposé.

Le tube d'essai se place entre la pile thermo-électrique et la source de chaleur principale, qui consiste en une plaque de cuivre chauffée à environ 300° C., au moyen d'une flamme de gaz. Ce tube d'essai peut être fermé aux deux bouts par des lames de sel gemme, de manière à pouvoir être soumis à l'expérience soit vide soit rempli du gaz à examiner. M. Tyndall[1] l'a aussi employé sans obturateur de sel gemme pour comparer l'absorption par l'air sec et par l'air humide, en faisant entrer l'air par un des bouts tandis que l'autre était en communication avec une pompe pneumatique. Par ce procédé, M. Tyndall a obtenu des déviations de 30° à son galvanomètre, en faisant passer de l'air humide par le tube, tandis que l'aiguille revenait au zéro en opérant sur l'air sec.

Cette expérience me paraît plus décisive que toutes celles dans lesquelles on employait des plaques de sel gemme, aussi suis-je très-reconnaissant de l'obligeance que M. Tyndall a mise à me la montrer. L'aiguille déviait de 30° à 40°; je ne me rappelle pas si c'était lors du passage de l'air sec ou de l'air humide, et l'on ne s'assura pas de laquelle des deux sources de chaleur avait la prépondérance. Le résultat de cette expérience me parut si frappant et si peu d'accord avec ce que j'avais obtenu par un autre procédé, qu'à mon retour je me décidais à la répéter.

[1] *Phil. Transactions* for 1862, p. 92. Voy. *Archives*, 1862, t. XV.

Dans mes précédentes recherches j'avais employé un galvanomètre à double aiguille astatique, parce que les galvanomètres à miroir, tels qu'on les emploie ordinairement, possèdent une trop grande force de direction, pour être suffisamment déviés par les faibles courants thermo-électriques. Cependant, comme les galvanomètres à aiguilles présentent l'inconvénient de ne donner des indications proportionnelles aux intensités des courants que pour quelques degrés et que, pour une plus grande déviation, la plus petite différence correspond à un changement considérable dans l'intensité du courant, j'ai augmenté la sensibilité du galvanomètre à miroir en lui adaptant un autre aimant parfaitement semblable, d'après les principes des aiguilles astatiques, ce qui diminuait la force directrice.

Le galvanomètre en question est représenté dans la figure 1, planche I. Il se compose de deux spirales parallèles *g g*, chacune de 94 tours; *a* est le miroir circulaire en acier, placé dans le centre de ces spirales et qui sert en même temps d'aimant. Entre ce miroir et les spirales se trouve un anneau de cuivre *k k*, de 60^{mm} de largeur et de 30^{mm} d'épaisseur, qui sert à amortir. Cet anneau porte le tube *cs* qui pénètre entre les spirales et auquel est fixé le vase cylindrique de laiton *q q*, dans lequel est placé un second aimant circulaire *b*, qui a les mêmes dimensions que le miroir *a* avec lequel il est mis en communication par le fil *a b*, de telle façon qu'ils se trouvent tous les deux dans le même plan et que leurs axes magnétiques horizontales sont dans des directions opposées. Ils sont suspendus à un fil de coton de 0,3 mètre de longueur, qui passe dans le tube R R. Pour les introduire, après avoir été préalablement rendus suffi-

samment astatiques en dehors du galvanomètre, on a fait dans l'anneau de cuivre *kk* une fente verticale qui pénètre jusqu'à la moitié de son épaisseur. L'anneau est assez épais pour que sa fonction amortissante n'en souffre pas. Il va sans dire d'ailleurs que ce système de miroirs ne doit pas être complétement astatique; il suffit qu'il ait assez de force directrice pour se replacer toujours dans le méridien magnétique. La position qu'il occupe au repos ne se maintient pas invariable. Sans parler d'autres causes de dérangement, telles que la torsion du fil, la variation diurne du magnétisme terrestre exerce une perturbation dans la position. Car lorsque le télescope, avec la graduation placée en dessous, se trouve à deux mètres du miroir, chaque déviation d'un millimètre, dans la position de l'image, correspond à un arc de 51 secondes dans celle du miroir: la variation diurne de l'intensité du magnétisme terrestre, qui est de plusieurs secondes, exerce une action notable sur la position du miroir. Il n'en résulte d'ailleurs aucun inconvénient, pourvu que l'on ne compare que les observations qui se suivent immédiatement, et que l'on ne perde pas de vue que les déviations observées ne sont pas absolues, mais n'offrent que des valeurs relatives. Toutefois elles sont toujours proportionnelles aux intensités des courants, quand même elles seraient de quelques centaines de millimètres. Cette proportionalité, et la grande exactitude que procure la lecture par le télescope, font de ce galvanomètre un appareil très-propre aux essais thermo-électriques.

Je me suis servi d'un galvanomètre de ce genre pour répéter l'expérience de M. Tyndall. Les deux sources de chaleur étaient des vases noircis remplis d'eau bouillante,

qui était maintenue en ébullition par l'introduction de vapeur d'eau, afin d'écarter l'influence des flammes. Dans le but d'éviter un refroidissement accidentel, chaque vase était enveloppé d'une boîte de carton, qui, outre l'ouverture pour donner passage aux rayons de chaleur, n'était percée que d'un petit trou dans la partie supérieure. L'écran de la source de chaleur de compensation avait été placé dans la boîte. Les appareils pour la production des vapeurs étaient au contraire disposés en dehors des boîtes. Les rayons des deux sources arrivaient à la pile thermo-électrique, munie de chaque côté de ses réflecteurs coniques, par des tubes ouverts aux deux extrémités.

Le tube d'essai, de 0,66 m. de long, avait aux deux bouts des ouvertures latérales, dont l'une était en communication avec une pompe pneumatique et l'autre avec un soufflet à l'aide duquel on y comprimait de l'air. On pouvait à volonté, comme dans les expériences de M. Tyndall, introduire de l'air sec ou saturé d'humidité, selon qu'on le faisait passer préalablement au travers de plusieurs tubes garnis de chlorure calcique ou de morceaux de verre humectés d'acide sulfurique, ou bien au travers de tubes remplis de fragments de verre humectés avec de l'eau.

Dans ces conditions j'ai obtenu par l'insufflation d'air sec ou d'air humide des déviations du galvanomètre qui s'accordaient avec celles de M. Tyndall; mais je ne les obtenais pas toujours, et ce qui me surprenait particulièrement c'est que la déviation de l'aiguille ne correspondait pas à une absorption de chaleur par le passage à travers l'air humide, mais, au contraire, il se trouvait précisément que lorsque l'air humide traversait le tube,

l'échauffement du côté de la pile exposé au tube était plus considérable. J'ai répété plusieurs centaines de fois cette expérience, en insufflant alternativement de l'air sec et de l'air humide, dans le but de tirer au clair l'incertitude qui planait sur ces résultats, et il n'est pas arrivé une seule fois que la déviation ait accusé une plus grande absorption par l'air humide.

Je ne crois pas convenable de mentionner ici les nombreuses expériences qui ont été faites, soit pour se rendre maître du phénomène, soit pour écarter la contradiction frappante qui existe avec le résultat que M. Tyndall tire des siennes. J'ai trouvé en premier lieu qu'il n'y a une déviation que lorsque l'air est insufflé avec une certaine force. En outre, j'ai constaté que lorsque l'insufflation est continue, la déviation du galvanomètre ne se maintient pas, mais que l'aiguille revient à la position d'équilibre. La conséquence en est que ce n'est pas l'absorption par l'air qui détermine la déviation. J'avais soupçonné que de l'humidité qui aurait pu se condenser sur la paroi intérieure du tube produisait un échauffement, mais il n'en était rien; c'est une absorption à la surface même de la pile qui paraît avoir été la cause de ce phénomène.

Insuffle-t-on en effet de l'air latéralement dans le tube, la plus grande partie s'en échappe par l'extrémité même, près de laquelle l'insufflation a lieu ; toutefois il en sort aussi par l'autre extrémité. On peut aisément s'en rendre compte en présentant une petite flamme aux ouvertures. Quand la pompe pneumatique est adaptée latéralement à l'extrémité la plus éloignée, elle a pour effet que l'air sort moins vite et pas d'une manière parfaitement continue; mais si la pression avec laquelle il pénètre dans le

tube est suffisante pour qu'il puisse sortir par l'extrémité opposée, la pompe pneumatique ne peut pas surmonter ce mouvement, son action n'étant ni assez forte ni assez continue. L'air qui sort du tube poursuit son chemin et arrive, lors même que la pile est assez éloignée, au réflecteur conique d'abord, puis à la pile elle-même.

Or, si l'air est saturé de vapeur d'eau, cette dernière se condense, à ce qu'il paraît, sur la surface de la pile et produit ainsi un échauffement qui détermine une déviation de galvanomètre. Si, au contraire, l'air est sec, il enlève à la pile les vapeurs qui ont pu s'y condenser auparavant, et l'évaporation qui en résulte produit un refroidissement.

Cette explication du phénomène donne immédiatement la raison pour laquelle le galvanomètre revenait à sa position d'équilibre, lors même que l'on continuait à insuffler de l'air saturé. En effet, lorsqu'il s'est condensé assez de vapeur d'eau pour qu'il ne puisse plus y avoir de condensation ultérieure, la production de chaleur s'arrête et celle qui avait été engendrée au commencement se perd peu à peu. De même quand on insuffle de l'air sec, l'évaporation cesse dès que l'humidité a été tout enlevée ; et comme il ne se produit plus de refroidissement, la pile reprend peu à peu la température ambiante, même lorsque l'air sec continue à pénétrer dans le tube.

Mais si l'on arrête l'insufflation soit de l'air sec, soit de l'air humide, le galvanomètre dévie du côté opposé ; parce que dans l'alternative de l'air humide l'eau absorbée se vaporise de nouveau, et dans celle de l'air sec l'eau évaporée est de nouveau condensée.

Il est à peine nécessaire de faire observer que la vaporisation et la condensation se produisent d'autant plus

vite et que les déviations du galvanomètre sont d'autant plus grandes que la pression sous laquelle on insuffle l'air est elle-même plus grande, et que la déviation est plus considérable lorsque l'insufflation s'effectue par l'extrémité du tube la plus rapprochée de la pile.

Si c'était la condensation et l'évaporation de la vapeur d'eau qui étaient la cause de la déviation du galvanomètre, cette dernière devait aussi avoir lieu en supprimant complétement les sources de chaleur. Or c'est effectivement ce qui a été constaté, d'où il résulte d'une manière décisive que l'absorption des rayons calorifiques ne peut pas entrer ici en considération.

Les déviations étaient encore bien plus grandes en laissant le tube de côté, et en chassant l'air directement dans le réflecteur de la pile, ou contre la pile elle-même. Le miroir du galvanomètre, décrit plus haut, oscillait si loin, dans ce cas, que la graduation n'était plus visible, et même, avec le galvanomètre à aiguilles, dont je me servais auparavant, les déviations étaient assez fortes pour amener l'aiguille jusqu'à l'arrêt.

Il va sans dire que l'air qu'on chasse contre la pile doit être à la même température qu'elle.

En enlevant le noir de fumée de la pile noircie, on obtenait des déviations analogues, mais moins fortes. D'autres enduits produisaient des effets semblables.

Ces expériences prouvent que l'air qui s'échappe par le tube ouvert ne se prête pas du tout à des essais sur le pouvoir absorbant qu'il peut exercer.

Je passerais volontiers sans répondre sur les critiques que M. Tyndall a faits à ma méthode pour déterminer l'absorption des rayons calorifiques par les substances

gazeuses[1]; mais je crains que mon silence ne soit interprété comme une preuve que je les crois fondées, ce qui n'est point le cas.

On a particulièrement reproché à cette méthode que le gaz à examiner se trouvait en contact immédiat avec la source de chaleur. M. Tyndall prétend que cette dernière en est refroidie et qu'elle l'est à un degré différent par les différents gaz et par le vide. Pour appuyer sa manière de voir, M. Tyndall cite une expérience[2] dans laquelle la partie antérieure de l'appareil étant remplie d'air, l'effet produit sur la pile thermo-électrique était beaucoup plus faible que lorsque, comme d'ordinaire, on y maintenait le vide.

Cette partie antérieure de l'appareil est un cylindre horizontal que l'on échauffe à l'une des extrémités, tandis que toute la surface du cylindre est entourée d'eau courante pour la maintenir froide. Que dans ces conditions il y ait des courants d'air qui occasionnent un refroidissement, personne n'en doutera. Dans mon appareil l'échauffement s'effectue par en haut, il ne peut donc pas se former des courants d'air dans l'intérieur, à moins qu'il ne survienne un échauffement ou un refroidissement latéral. Le point capital de cet appareil est d'opérer l'échauffement par la partie supérieure et l'on ne doit pas le passer sous silence dans le jugement qu'on en porte.

J'ai fait quelques modifications à l'appareil que j'ai employé précédemment et qui a été décrit dans *Poggen-*

[1] *Poggendorff's Annalen*, t. CXII, p. 516. Voy. *Archives*, 1861, t. XII, p. 97.

[2] *Philos. Transac.* for 1862, p. 93. Voy. *Archives*, 1862, t. XV.

dorff's Annalen CXII, p. 516[1]. Cette modification, représentée fig. 2, pl. I, permet de diviser en sections de différentes longueurs le tube R R qui est destiné à recevoir le gaz à examiner et qui, dans ce but, est composé des tubes de verre R A, B C, D R, séparés les uns des autres par des lames de sel gemme ou d'autres substances diathermanes. Dans chaque compartiment on peut faire le vide et le remplir ensuite avec tel gaz qu'on voudra. Si les gaz à examiner sont de nature à attaquer la pompe pneumatique, on peut les faire passer par le compartiment voulu jusqu'à ce qu'on en ait chassé l'air qui s'y trouvait. Dans la partie inférieure E F, qui est un peu plus large, se trouve la pile thermo-électrique *ac*, munie de son réflecteur conique *ab*. Les fils de la pile sont isolés dans leur passage à travers la plaque de laiton F F, qui ferme le tube à l'extrémité inférieure. Ils sont enduits de caoutchouc au-dessus de cette plaque, ainsi que dans toute la longueur qui traverse l'eau M N, dans laquelle plonge la partie inférieure de l'appareil et qui est constamment maintenue à 15° C.

Pour faciliter l'ajustement des différents tubes, on adapte à chaque bout une douille de laiton dont le bord est proéminent. Les tubes reposent sur ces bords parfaitement plans et légèrement graissés. On glisse ensuite sur les rebords saillants de chaque douille une forte pièce de laiton en forme de fer à cheval ; réunies deux à deux à l'aide de trois vis que l'on serre ces deux pièces de laiton se rapprochent et pressent les bords hermétiquement l'un contre l'autre. Veut-on intercaler une lame de sel gemme, on l'introduit entre les bords graissés de deux

[1] Voy. *Archives*, 1861, t. XII, p. 97.

tubes ; mais pour cela il faut que la lame soit bien plane et les deux surfaces parallèles.

Pour avoir un écran à sa disposition dans l'intérieur du tube, on place entre deux sections la boîte de laiton P P, dans laquelle se trouvent deux clapets formés de deux lames de tôle, mobiles autour de deux axes qui traversent à frottement hérmétique les bords de la boîte. A l'aide de ces deux axes on peut, depuis l'extérieur, ouvrir les clapets en les plaçant verticalement, de manière à laisser passer tous les rayons de chaleur, ou bien les fermer, en les mettant dans la position horizontale, et intercepter tous les rayons.

Lorsque une lame de sel gemme étant intercalée en S S, on faisait le vide dans la partie supérieure de 0.15 mètres de hauteur, et qu'alternativement on la remplissait d'air, tandis que l'on maintenait de l'air sec dans les tubes B F, au-dessous de la lame, l'effet produit sur la pile thermo-électrique était le même dans les deux cas. J'ai répété cette expérience un grand nombre de fois, et il me semble qu'elle réfute l'assertion de M. Tyndall, que l'air que l'on examine ne doit pas être en contact avec la source de chaleur.

L'air situé au-dessous de la surface chauffée ne pouvait occasionner un refroidissement plus grand que le vide qu'en raison de la conductibilité. Cette dernière est toutefois si minime, ainsi que je l'ai montré, que pour tous les gaz, à l'exception de l'hydrogène, l'espace rempli de gaz transmet moins de chaleur que l'espace vide ; ce qui prouve que l'effet dû à la conductibilité des gaz est si faible qu'il disparaît complétement en présence de l'absorption. L'hydrogène tout au plus pourrait faire exception : cependant le refroidissement qu'il produit par conductibilité est si peu sensible, qu'il ne peut pas être pris

en considération en employant un vase maintenu invariablement à la température de l'eau bouillante.

M. Tyndall nie que l'hydrogène transmette la chaleur. Je ne saisis pas bien les raisons qu'il en donne; mais il n'a pas examiné le seul fait qui prouve la conductibilité d'une manière décisive. Tous les autres gaz, ainsi que nous l'avons déjà dit, transmettent la chaleur moins bien que le vide, dans un espace chauffé par en haut. L'hydrogène seul la transmet mieux que le vide. Or, comme l'hydrogène ne laisse pas passer un plus grand nombre de rayons calorifiques que l'air atmosphérique, et que, lorsqu'on empêche le mouvement des couches en interposant de l'édredon, la transmission s'effectue mieux que dans le vide et dans les autres gaz, cette transmission ne peut être due qu'à la conductibilité.

M. Tyndall reproche en outre à l'appareil que j'ai employé que la pile thermo-électrique est placée dans l'intérieur du tube d'essai. Il cite une expérience dans laquelle il avait fixé la pile, à l'aide de ciment, dans la paroi d'un tube de telle façon qu'un des côtés se trouvait dans l'intérieur du tube et l'autre en dehors. En faisant le vide il se produisait un courant très-fort. Ce résultat était à prévoir. Je peux ajouter que lors même que la pile est entièrement située dans l'intérieur du tube, il se produit aussi un courant quand on pompe l'air, parce que les deux côtés de la pile et les parties avoisinantes de l'appareil ne se refroidissent pas de la même manière. Toutefois, après quelques instants, toute apparence de courant disparaît, surtout quand la partie de l'appareil qui contient la pile plonge dans un vase rempli d'eau à une température constante, comme cela avait lieu avec l'appareil que j'ai employé.

Quand la pile est placée en dehors du tube d'essai, ce

dernier se refroidit sous l'influence de la raréfaction, comme si la pile se trouvait dans l'intérieur; mais ce refroidissement exerce une action à peine appréciable sur la pile placée à l'extérieur, ce qui prouve que dans cette disposition la sensibilité de l'appareil est bien moindre. Cette diminution de sensibilité tient à ce que la lame de sel gemme, qui ferme le tube, absorbe une certaine quantité de chaleur, plus ou moins grande, selon son épaisseur et sa limpidité. Et si, comme dans l'appareil de M. Tyndall, on emploie deux lames de sel gemme, la sensibilité est encore plus diminuée.

En intercalant dans mon appareil deux lames de sel gemme, je n'ai obtenu qu'une différence à peine appréciable entre le passage de la chaleur à travers le vide et à travers l'air sec. Ce résultat s'accorde avec les données de M. Tyndall. Quand on laisse les lames de sel gemme de côté, la différence est au contraire très-prononcée. Elle ne l'est pas tout à fait autant, avec le galvanomètre cité plus haut, que je l'avais trouvé précédemment [1], mais elle s'élève cependant à plusieurs centièmes.

Les valeurs que M. Tyndall a obtenues pour tous les gaz, à l'exception de l'air atmosphérique sec et humide, s'accordent avec les miennes autant qu'on peut s'y attendre dans des expériences de ce genre. Il n'est donc pas possible que la méthode que j'ai suivie soit entachée de défectuosités que M. Tyndall lui reproche. Si ses reproches étaient fondés les déterminations de tous les gaz devraient être fautives. Il faut qu'il y ait une autre cause dont l'action se fait plus particulièrement sentir dans la détermination de l'absorption par l'air humide. Sans aucun doute cette cause doit être cherchée dans l'emploi des lames de sel gemme.

[1] *Pogg. Ann.*, t. CXII. Voy. *Archives*, 1861, t. XII, p. 97.

En comparant l'absorption par l'air sec avec celle par l'air saturé d'humidité, sans faire usage de lames de sel gemme, l'on a trouvé une très-petite différence qui ne s'est jamais élevée à un centième. Cette différence était beaucoup plus grande en employant des lames de sel gemme; et si l'on faisait passer l'air humide assez longtemps au travers du tube, elle se rapprochait beaucoup de celle que j'avais obtenue précédemment.

La méthode de M. Tyndall, outre l'inconvénient que présentent les lames de sel gemme en raison de leur propriété hygroscopique, offre encore une autre difficulté. M. Tyndall obtient les valeurs du pouvoir absorbant des différents gaz en réglant d'abord la source de chaleur de compensation de manière à ce que le rayonnement à travers le tube vide d'air ne produise pas de déviation du galvanomètre, après cela il détermine la déviation produite par l'air sec. La valeur obtenue pour l'air sec est prise pour unité dans la détermination des autres gaz, que l'on compare tous d'une manière analogue avec l'espace vide. D'après cela, plus la différence trouvée entre le vide et l'air sec est petite, plus le pouvoir absorbant des autres gaz sera considérable. Si par conséquent la première était égale à zéro, l'absorption de tous les autres gaz serait égale à l'infini.

Dans la méthode que j'ai suivie les déterminations sont complétement indépendantes de la comparaison entre l'espace vide et l'espace rempli d'air. Car l'on détermine chaque fois d'abord la déviation produite par l'air atmosphérique, puis celle produite par le gaz à examiner ou par le tube vide, de sorte qu'à chaque opération on peut directement comparer les deux valeurs obtenues dans les mêmes circonstances.

SUR LES

RELATIONS VOLUMÉTRIQUES DE L'OZONE.

PAR

M. J.-L. SORET[1].

J'ai décrit il y a peu de temps un procédé qui permet de préparer, par l'électrolyse, de l'oxygène chargé d'une assez forte proportion d'ozone[2]. Depuis lors, j'ai entrepris, en utilisant cette méthode, quelques expériences pour rechercher s'il est possible de déterminer la densité de l'ozone, ou tout au moins pour étudier les variations de volume que l'oxygène ozonisé subit, lorsqu'on le soumet à différentes actions telles que celles de l'iodure de potassium, de la chaleur, etc.

MM. Andrews et Tait ont déjà traité ce sujet dans un travail remarquable. Ils ont opéré surtout sur l'oxygène ozonisé par l'action de l'électricité de frottement ; cependant leurs recherches se sont étendues également à l'ozone électrolytique. Ils avaient annoncé d'abord que la

[1] Communiqué à la Société d'histoire naturelle et de médecine de Heidelberg, le 17 juillet 1863.

[2] *Archives*, mars 1863, t. XVI, p. 208.

densité de l'ozone est quatre fois plus grande que celle de l'oxygène[1]; plus tard, ils ont eux-mêmes reconnu que cette assertion est inexacte, et l'on peut résumer ainsi les résultats principaux auxquels ils se sont arrêtés[2] :

1° Lorsqu'on traite l'oxygène chargé d'ozone par un corps oxydable, tel que l'iodure de potassium, l'iode, le mercure, etc., on n'observe pas de changement notable dans le volume du gaz.

2° Lorsqu'on soumet l'oxygène ordinaire ou l'air atmosphérique, à l'action de l'électricité de frottement, on observe une condensation considérable du gaz. Si l'on traite ensuite le gaz ozonisé par l'iodure de potassium, on trouve que la quantité d'oxygène absorbée par ce corps, occuperait un volume équivalent à la contraction que le gaz primitif avait subie par l'ozonisation.

3° Lorsqu'on chauffe l'oxygène ozonisé de manière à détruire l'ozone qu'il contient, on observe une augmentation de volume égale à la contraction que l'oxygène avait subie par l'ozonisation.

Ces résultats ne paraissent pas avoir été universellement acceptés, et l'on a soulevé quelques objections contre leur exactitude ; c'est ce qui m'a déterminé à reprendre ce sujet.

Tout récemment, lorsque mes recherches étaient déjà presque complétement terminées, M. de Babo a publié un intéressant mémoire sur l'ozone[3]. Ses expériences ont

[1] Proceedings of the Royal Society, t. VIII, p. 498 et t. IX, p. 606.

[2] *Philosophical Transactions*, 1860, p. 115.

[3] *Beitræge zur Kentniss des Ozons.* Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg in B., B. III, Heft 1.

été faites sur l'oxygène ozonisé par l'électricité d'induction en employant soit l'appareil qu'il avait précédemment décrit[1], soit l'appareil de Siemens; dans la partie de son travail où il s'occupe des relations volumétriques de l'ozone, il confirme l'exactitude des deux derniers résultats mentionnés ci-dessus et obtenus par MM. Andrews et Tait.

Bien que je sois aussi arrivé aux mêmes conclusions que MM. Andrews et Tait, je crois devoir publier mon travail; en effet, indépendamment d'un petit nombre de faits nouveaux que j'ai pu constater, les procédés que j'ai employés sont tous différents de ceux de mes devanciers, et assez simples pour qu'il soit facile de répéter les expériences; en outre, j'ai opéré principalement sur l'oxygène électrolytique chargé d'ozone; or, les expériences que MM. Andrews et Tait ont faites sur le gaz préparé de cette manière, pouvaient laisser du doute à cause de la petite proportion d'ozone qu'ils ont obtenue.

Appareil mesureur. — Pour mesurer les divers changements de volume que l'oxygène chargé d'ozone peut subir dans différentes circonstances, j'ai employé un appareil très-simple. Il se compose d'un ballon de verre de 250 centimètres cubes, muni d'un bouchon rodé à l'émeri. Le col de ce ballon a été divisé en millimètres, et l'appareil a été calibré à plusieurs reprises, de manière que l'on connaissait la capacité correspondant à chaque division de l'échelle; le volume compris entre deux divisions successives équivaut environ à $^1/_5$ de centimètre cube, c'est-à-dire à $^1/_{1250}$ de la capacité totale du ballon. Pour pouvoir environner d'eau ce récipient, afin de le maintenir à une température stable, on l'a entouré

[1] Berichte der nat. Gesellschaft zu Freiburg in B., B. II, s. 331.

d'un manchon cylindrique en verre, mastiqué dans une pièce en fer-blanc; une tubulure centrale percée dans cette pièce laisse passer le col du ballon qui y est hermétiquement assujetti par du liége et du mastic.

Lorsqu'on voulait effectuer une détermination, le ballon rempli d'eau distillée était renversé sur un vase plein d'eau distillée également, et l'on y introduisait le gaz sur lequel on voulait opérer, en quantité telle qu'il occupât tout le ballon et une partie du col. Puis on remplissait le manchon avec de l'eau, dont un thermomètre indiquait exactement la température, et on lisait à quelle division le gaz affleurait dans le col du ballon. On tenait compte, toutes les fois que cela était nécessaire, de la pression barométrique et de la hauteur de la colonne d'eau soulevée. — On soumettait alors le gaz à la réaction dont on voulait étudier l'effet, puis on mesurait de nouveau le volume de la même manière. — En raison de la proportion d'ozone, toujours petite, que contient le gaz, les variations étaient assez faibles pour ne pas sortir des limites de l'échelle gravée sur le col du ballon.

Préparation de l'ozone. — J'ai employé le plus souvent l'ozone obtenu par l'électrolyse ; pour le préparer, je me servais d'un appareil que j'ai précédemment décrit[1] : il se compose essentiellement d'un grand vase de verre rempli d'acide sulfurique dilué, et contenant aussi un diaphragme poreux plein de sulfate de cuivre en dissolution ; l'électrode positive, formée d'un fil fin de platine iridié, plonge dans l'eau acidulée, tandis que l'électrode négative, formée d'une lame de cuivre, plonge dans le sulfate de cuivre. On recueille le gaz qui se dégage sur l'électrode positive, et qui se lave en traversant un long

[1] *Archives*, mars 1863, t. XVI, p. 212.

tube horizontal plein d'acide sulfurique. En employant cet appareil on évite complétement la présence d'hydrogène dans le gaz qui se produit.

J'ai opéré aussi sur l'oxygène ozonisé dans l'appareil de M. de Babo à l'aide d'un appareil de Ruhmkorff. L'oxygène, préparé par le chlorate de potasse et le peroxyde de magnanèse, était contenu dans un gazomètre dans lequel on avait introduit une petite quantité de potasse caustique pour éviter la présence de chlore. Le gaz, au sortir du gazomètre, passait dans des tubes desséchants, puis s'écoulait lentement au travers de l'appareil de M. de Babo où il subissait l'action de l'électricité d'induction. — J'ai obtenu, dans les conditions où j'opérais, une proportion d'ozone moindre que par l'électrolyse. — Dans quelques expériences l'oxygène a été remplacé par de l'air.

J'ai tenté aussi de préparer l'oxygène actif au moyen du bioxyde de barium et de l'acide sulfurique concentré, en suivant la méthode de M. Houzeau. Ce cas présentait un intérêt particulier, car, comme on le sait, M. Schönbein et d'autres chimistes admettent que le principe oxydant qui se développe dans ce mode de préparation, est de l'antozone et non pas de l'ozone. Malheureusement la petite proportion de ce principe et la présence d'acide carbonique dans le gaz, m'ont empêché d'obtenir des résultats présentant quelque valeur.

Détermination de la proportion d'ozone. — Dans le plus grand nombre de cas, on a déterminé la proportion d'ozone contenue dans le gaz, par une analyse faite sur une portion de gaz autre que celle qui servait à l'expérience principale. Quelquefois on recueillait le gaz, quelque fût son mode de production, dans un récipient d'environ $^3/_4$ de litre de capacité; on se servait de ce gaz pour

remplir, sur la cuve à eau distillée, en premier lieu, le ballon mesureur dans lequel on faisait l'expérience que l'on avait en vue, et en second lieu, un second ballon de $250^{cc.}$ également que l'on employait pour l'analyse d'après la méthode de M. Bunsen. Cette manière d'opérer présente l'inconvénient d'obliger à un transvasement sous l'eau, manipulation pendant laquelle une proportion notable d'ozone est détruite. On a donc préféré en général, recueillir directement dans les deux ballons, dont l'un est destiné aux expériences volumétriques et l'autre à l'analyse, le gaz au fur et à mesure de sa préparation, en ayant soin de le diriger alternativement dans les deux appareils, cinq mnutes dans l'un, cinq minutes dans l'autre. En opérant ainsi, la proportion d'ozone doit être très-sensiblement la même dans les deux ballons, fait, du reste, confirmé par l'expérience toutes les fois que l'on a eu l'occasion d'analyser le gaz des deux récipients.

Action des corps oxydables. — On a principalement étudié l'action de l'iodure de potassium. A cet effet, après avoir mesuré avec soin le volume du gaz chargé d'ozone, on bouchait le ballon, on versait l'eau contenue dans le manchon extérieur, et l'on portait l'appareil sur une capsule en pocelaine pleine d'eau distillée. On enlevait le bouchon, on introduisait sous l'eau, dans le col du ballon, un petit tube en verre fermé à un bout et contenant de l'iodure de potassium en dissolution, on rebouchait le ballon et on l'agitait : l'ozone était détruit et l'iodure de potassium se colorait en brun. On replaçait le ballon sur la capsule de porcelaine, on enlevait le bouchon avec précaution : la dissolution d'iodure et le tube de verre qui la contenait tombaient au fond de la capsule et étaient remplacés par de l'eau. On rebou-

chait et l'on agitait de nouveau pour laver les parois du ballon. On répétait cette dernière opération une seconde fois, puis l'on replaçait l'appareil sur la cuve où l'on avait fait la première mesure de volume; on remplissait le manchon extérieur avec de l'eau que l'on ramenait rigoureusement à la température initiale; enfin l'on mesurait le volume comme la première fois [1].

Pour s'assurer de l'exactitude que l'on peut espérer d'atteindre par cette méthode, on a fait un certain nombre d'expériences *à blanc*, c'est-à-dire en opérant exactement de la manière décrite sur de l'air ou de l'oxygène ne contenant pas d'ozone. On a obtenu en général, dans ces conditions, une très-petite diminution de volume, qui s'est élevée au plus à $^1/_{1000}$ de la masse totale du gaz, et que l'on peut attribuer à la dissolution d'une petite quantité de gaz dans les liquides avec lesquels on l'agite. Le tableau suivant contient les résultats de ces expériences :

Gaz ne contenant pas d'ozone.

Nº des Exp.	Nature du gaz.	Diminution de volume.
		cc
1	Air	0.25
2	»	0.0
3	»	0,0
4	Oxygène	0,12
5	»	0,12
6	»	0,05
7	»	0.10
8	»	0,12

[1] Dans un petit nombre de cas, où l'on n'avait pas pu remplir le second ballon pour faire l'analyse, on a dosé, par la méthode

Les résultats obtenus sur l'oxygène chargé d'ozone sont contenus dans le tableau suivant, dont la première colonne donne le numéro des expériences, la seconde la nature du gaz, la troisième la diminution de volume observée, et la quatrième le volume qu'occuperait, dans les mêmes conditions de température et de pression, la quantité d'oxygène absorbée par l'iodure de potassium et déduite de l'analyse[1].

Gaz chargé d'ozone.

N° des Exp.	Nature du gaz.	Diminution de volume	Volume de l'oxygène absorbé.
		cc	cc
1	Oxygène électrolytique	0.0	4,25
2	»	0,30	2,10
3	»	0,28	2,24
4	»	0,32	3.31
5	»	0,20	3.70
6	»	0,15	5,61
7	»	0,20	4,88
8	Oxygène ozonisé par l'appareil de Babo.	0,0	0,21
9	»	0,15	0,45
10	»	0,12	1,16
11	»	0,12	1,29
12	Air ozonisé par l'appareil de Babo.	0,07	0,84

de M. Bunsen, l'iode en liberté dans l'iodure de potassium resté au fond de la capsule de porcelaine. Naturellement ce procédé pour déterminer la proportion d'ozone, n'est applicable que lorsqu'on étudie l'action de l'iodure de potassium.

[1] L'analyse, qu'elle soit faite sur l'iodure même qui a servî à l'expérience ou au moyen d'une autre portion de gaz, donne le poids d'iode mis en liberté, d'où l'on déduit le poids d'oxygène absorbé. Pour obtenir les nombres contenus dans la

En admettant que l'iodure de potassium *absorbe* réellement l'ozone, si la densité de ce corps était égale à celle de l'oxygène, les nombres contenus dans les deux dernières colonnes du tableau devraient être égaux. On voit qu'il n'en est point ainsi : la diminution de volume que subit le gaz est extrêmement petite ; elle ne dépasse pas $^1/_{780}$ du volume total du gaz, et bien qu'elle soit généralement un peu plus forte que dans les expériences faites sur du gaz qui ne contient point d'ozone, je pense qu'on doit l'attribuer aux causes d'erreur inhérentes au procédé. Parmi ces causes d'erreur, il faut citer le fait que les réactions compliquées qui se passent, lorsqu'on met le gaz chargé d'ozone en présence de l'iodure de potassium, et la formation de substances diverses (iode, potasse, iodate de potasse, etc.), peuvent faciliter la dissolution d'une petite proportion de gaz.

En répétant l'expérience avec l'*arsénite de soude*, au lieu d'iodure de potassium, on a obtenu le même résultat. Voici les chiffres de deux expériences [1] :

Nature du gaz.	Diminution de volume.	Volume de l'oxygène absorbé.
Oxygène électrolytique	0,28 cc	5,50 cc
Oxygène ozonisé par l'appareil de Babo.	0,02	1,00

quatrième colonne du tableau, il suffit de calculer le volume qu'occuperait ce poids d'oxygène dans les conditions de température, de pression et d'humidité où se trouve le gaz. En général, dans les circonstances où l'on a opéré, un poids de 0gr,0013 d'oxygène correspond à un volume de 1 cc.

[1] Dans ces deux expériences on n'a pas dosé l'ozone ; on s'est borné à en apprécier la proportion, d'après des analyses faites

Il résulte des expériences mentionnées jusqu'ici que, comme MM. Andrews et Tait l'avaient annoncé, *l'oxygène chargé d'ozone ne subit pas de diminution sensible de volume lorsqu'on le traite par les corps oxydables*, et que, par conséquent, à moins de supposer une densité énorme pour l'ozone, on ne peut pas admettre que ce corps, dans l'action qui se produit, soit entièrement absorbé : c'est une partie seulement des atomes qui le constituent qu'il cède aux substances telles que l'iodure de potassium, l'acide arsénieux, etc.

Action de la chaleur. — Pour détruire l'ozone par la chaleur, je ne pouvais pas exposer l'appareil de mesure à la température élevée qu'il faut employer ; mais j'ai trouvé qu'il est facile d'arriver complétement et en peu de temps au même résultat, au moyen d'une spirale de platine chauffée au rouge par un courant électrique.

Dans ce but, on a pris deux tubes ordinaires en verre ; on les a recourbés deux fois, de manière à leur donner la forme d'un syphon. A l'une des extrémités de chacun d'eux, on a soudé un bout de fil de platine d'un diamètre relativement fort ; puis on a attaché les deux tubes de verre parallèlement l'un à l'autre en les juxtaposant ; on a relié par une petite spirale en fil de platine très-fin les deux bouts de fil de platine plus gros,

très-peu auparavant sur du gaz préparé identiquement dans les mêmes conditions.

MM. Andrews et Tait n'avaient pas étudié l'action de l'acide arsénieux ; on voit qu'elle est la même que celle des autres corps oxydables.

Je ferai remarquer aussi qu'en traitant l'oxygène chargé d'ozone par l'arsénite de soude, je n'ai point observé le développement de fumées blanches qui est si frappant lorsqu'on emploie l'iodure de potassium.

déjà soudés au verre ; enfin on a rempli les deux tubes de verre avec du mercure.

Il était facile d'amener cette spirale dans le gaz, en introduisant sous l'eau, dans le col du ballon, les branches des tubes de verre portant la spirale ; les extrémités libres de ces tubes restaient en dehors, et, en les mettant en communication avec les pôles d'une pile, le courant électrique, passant par le mercure et les fils de platine, arrivait à la spirale qu'elle chauffait au rouge.

Comme la dilatation du gaz échauffé par ce moyen était considérable, quelques bulles seraient sorties de l'appareil si l'on n'avait eu le soin d'adapter à son orifice, avant d'introduire la spirale, une alonge formée d'une boule soufflée dans un bout de tube de verre ouvert à ses deux extrémités et d'un diamètre tel, qu'il s'ajustait exactement au col du ballon, à la place ordinaire du bouchon. Le gaz déplacé par la dilatation se rassemblait dans la boule de l'alonge, puis, lorsque la spirale était refroidie, il rentrait de lui-même dans le ballon.

Voici comment l'on conduisait l'expérience : On mesurait d'abord le volume initial du gaz comme dans les expériences précédentes, puis on ajustait, sous l'eau, l'alonge à l'extrémité du col du ballon. On introduisait alors la spirale au travers de cet alonge et du col du ballon, en la soulevant jusqu'à ce qu'elle atteignît le gaz. On faisait passer un courant électrique capable de porter la spirale au rouge sombre ou cerise ; dans les premiers instants, l'eau qui mouillait la spirale était entièrement vaporisée et venait se condenser sur les parois du ballon, puis le fil de platine devenait rouge ; on laissait agir pendant un quart d'heure environ, temps suffisant pour la destruction complète de l'ozone (ce dont il était facile

de s'assurer à la fin de l'expérience). On interrompait alors le courant, on enlevait la spirale, puis l'alonge ; on ramenait l'eau du manchon à la température initiale, et l'on mesurait le volume.

En effectuant cette opération *à blanc*, sur de l'air ou de l'oxygène ne contenant pas d'ozone, j'ai observé une très-petite augmentation apparente du volume du gaz ; je l'attribue au fait que l'eau qui mouillait la spirale venait se condenser sous forme de gouttelettes sur les parois du ballon, dont la capacité était ainsi légèrement diminuée. Les chiffres suivant montrent au reste le peu de valeur de ce changement.

Gaz ne contenant pas d'ozone.

N° des Exp.	Nature du gaz.	Augmentation de volume.
		cc
1	Air	0,07
2	»	0,20
3	»	0.05
4	Oxygène électrolytique désozonisé par la chaleur.	0.18
5	Oxygéne électrolytique désozonisé par l'iodure de potassium [1].	0,15

[1] Cette expérience a été faite sur de l'oxygène fortement chargé d'ozone qui venait d'être traité à l'iodure de potassium. Dans l'opinion de M. Meissner (*Untersuchungen über den Sauerstoff*, in-8°, Hanovre, 1863), l'oxygène qui a subi cette opération, contiendrait encore, à côté de l'oxygène ordinaire, de l'antozone (ou *atmizone*), principe qui se détruirait à la longue et auquel seraient dues les fumées blanches qui se manifestent lorsqu'on fait agir l'iodure de potassium. Il y avait donc quelque intérêt à rechercher si l'oxygène dans ces conditions se comporte, sous l'action de la chaleur, autrement que l'oxygène ordinaire : on voit qu'il n'y a pas de différence appréciable.

Quand on opère sur l'oxygène chargé d'ozone, on observe au contraire une augmentation incontestable de volume. Les résultats des expériences sont consignés dans le tableau suivant, dont la première colonne donne le numéro des expériences, la seconde la nature du gaz, la troisième l'augmentation de volume observée, le quatrième le volume qu'occuperait dans les mêmes conditions la quantité d'oxygène absorbable par l'iodure de potassium, déduite de l'analyse faite sur une autre portion de gaz; enfin la cinquième colonne contient la différence des chiffres consignés dans les deux colonnes précédentes.

Oxygène chargé d'ozone.

N° des Exp.	Nature du gaz	Augmentation de volume.	Volume de l'oxygène absorbable.	Différence.
		cc	cc	cc
1	Oxygène électrolyt.	3,83	3,92	— 0,09
2	»	5,14	5,14	0,0
3	»	3,83	3,28	+ 0,55
4	»	3,02	3,36	— 0.34
5	»	4.10	3,87	+ 0,23
6	»	3,70	3 41	+ 0,29
7	»	3,80	3,45	+ 0,35
8	Oxygène électrolyt., autre électrode.	0,90	0.41	+ 0,49
9	Oxygène ozonisé par l'appareil de Babo.	0,55	0,78	— 0 23
10	»	1,85	1.45	+ 0,40

Les différences contenues dans la dernière colonnne sont tantôt positives, tantôt négatives; elles ne dépassent pas $^1/_{500}$ de la capacité totale du ballon, et elles sont assez petites pour pouvoir être attribuées aux erreurs d'expérience : en effet, il faut remarquer que les mesures de

volume faites sur l'eau, ne comportent pas un degré de précision absolu, et de plus que le volume d'oxygène absorbable est calculé d'après l'analyse faite sur une autre portion de gaz, ensorte que le chiffre obtenu peut être influencé par une petite différence accidentelle entre la quantité d'ozone contenue dans les deux ballons. En prenant l'ensemble des résultats consignés dans le tableau, on trouve que l'augmentation moyenne pour une expérience est de $0^{cc},165$, valeur qui se rapproche tout à fait de celle que l'on observe dans les expériences faites sur du gaz ne contenant pas d'ozone.

On doit donc admettre que *l'oxygène chargé d'ozone subit, sous l'action de la chaleur, une expansion égale au volume qu'occuperait la quantité d'oxygène que le gaz aurait été susceptible d'abandonner à l'iodure de potassium.*

Action de la potasse. — La potasse caustique, qui détruit l'ozone, n'agit pas comme les corps oxydables : son action se rapproche de celle de la chaleur, et donne lieu à une augmentation de volume incontestable.

Voici le résultat de deux expériences qui ont été faites exactement de même que celles sur l'action de l'iodure de potassium, en remplaçant seulement ce dernier corps par une dissolution de potasse caustique [1].

Nature du gaz.	Augmentation de volume.	Volume d'oxygène absorvable.	Différence.
	cc	cc	cc
Oxygène électrolytique.	4,45	5,5	1,05
» »	2,13	3,77	1,59

[1] On sait, d'après les belles expériences de MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost et de M. Bineau, que la densité de

Ces chiffres montrent toutefois que l'expansion produite par la potasse est moindre que celle développée par la chaleur. Peut-être pourrait-on expliquer ces faits, en supposant que la potasse absorbe d'abord de l'oxygène, avec formation de peroxyde de potassium qui se décomposerait immédiatement au contact de l'eau en dégageant de l'oxygène. On comprendrait que le gaz provenant de la décomposition du peroxyde entrât plus facilement en dissolution dans le liquide.

Considérations théoriques. — L'ensemble de ces résultats qui s'accordent avec ceux de MM. Andrews et Tait, peuvent s'expliquer par une hypothèse qui a déjà été quelquefois indiquée, en particulier par M. Weltzien et M. de Babo, et qui consiste à supposer que les molécules d'ozone contiennent plusieurs atomes d'oxygène[1].

Un grand nombre de chimistes et de physiciens admettent que la molécule d'oxygène ordinaire à l'état gazeux, est déjà formée de la réunion de deux atomes et constitue

la vapeur de soufre est trois fois plus forte près du point d'ébullition qu'à une température plus élevée ; peut-être existe-t-il une analogie entre ces deux états du soufre et les deux états allotropiques de l'oxygène : dans ce cas il faudrait admettre que l'ozone résulte d'un groupement moléculaire tel, que sa densité soit trois fois plus forte que celle de l'oxygène. Toutefois jusqu'ici, aucun fait, à ma connaissance, ne vient établir la probabilité de cette analogie.

[1] M. Weltzien (Annalen der Chem. und Pharm. t. CXV, p. 121) a présenté cette hypothèse d'une manière un peu différente de celle que nous avons adoptée dans ce qui va suivre. Il admet que la molécule d'ozone est composée de la réunion de deux atomes, tandis que l'oxygène ordinaire est formé des atomes isolés. Cette manière de voir s'accorder avec les expériences qui font l'objet de ce mémoire, mais elle ne paraît pas expliquer pourquoi l'ozone est plus oxydant que l'oxygène.

un *oxyde d'oxygène* OO. Si l'on adopte cette manière de voir, et si l'ozone est un état allotropique de l'oxygène, on est amené à supposer que la molécule d'ozone résulte d'un autre arrangement atomique. Les expériences que j'ai rapportées sont contraires à l'idée que cette molécule soit formée d'un seul atome O; mais elles sont compatibles avec l'hypothèse qu'elle contienne plus de deux atomes. On pourrait, par exemple, concevoir qu'une molécule d'ozone fût composée de trois atomes, OOO, et constituât un *bioxyde d'oxygène*. Dans la formation de ce corps, aux deux atomes déjà réunis composant la molécule d'oxygène ordinaire qui représente deux volumes, viendrait s'ajouter un troisième atome représentant un volume, pour former une molécule d'ozone représentant deux volumes.

Dans cette hypothèse, la contraction lors de l'ozonisation se trouverait aisément expliquée : une molécule d'oxygène, sous l'action de l'électricité par exemple, se décomposerait en deux atomes libres, dont chacun s'unirait immédiatement à une molécule d'oxygène ; le volume de la molécule d'oxygène décomposée disparaîtrait donc.

Les propriétés oxydantes de l'ozone résulteraient de ce que ce troisième atome est moins fortement uni aux deux autres que ceux-ci ne le sont entre eux : l'ozone, bioxyde d'oxygène, cèderait facilement, comme les autres bioxydes, un atome d'oxygène en se transformant en protoxyde d'oxygène ou oxygène ordinaire.

La constance du volume de l'ozone lorsqu'on le traite par des corps oxydables, serait aussi facile à comprendre puisque l'ozone contiendrait son volume d'oxygène ordinaire.

Enfin l'expansion sous l'influence de la chaleur s'expliquerait par une dissociation des molécules d'ozone, dont chacune se décomposerait en une molécule d'oxygène et un atome libre ; ces atomes libres provenant de différentes molécules d'ozone, s'uniraient immédiatement, deux à deux, et reproduiraient de l'oxygène ordinaire ; deux molécules d'ozone représentant quatre volumes, donneraient naissance à trois molécules d'ozone représentant six volumes.

Il est clair que rien dans les faits connus ne prouve que l'ozone résulte du groupement de 3 atomes plutôt que de 4, 5, etc. [1] ; pour fixer ce nombre il faudrait connaître la densité de ce corps ; or, il ne sera possible de la déterminer directement que si l'on parvient à préparer de l'ozone pur, ou si l'on trouve un corps susceptible d'absorber la totalité des atomes qui le composent.

Sans nier que l'on ne puisse soulever des objections contre cette hypothèse, je la crois plus probable que celle dont MM. Andrews et Tait avaient indiqué la possibilité, et d'après laquelle l'oxygène serait considéré comme un corps composé. En effet, il paraît d'abord très-difficile d'accepter ce point de départ qu'aucun autre phénomène chimique ne vient soutenir; en second lieu, même en l'admettant, on serait conduit à des suppositions compliquées pour arriver à l'explication des faits ; enfin si, d'après cette hypothèse, on peut comprendre, à la rigueur, la formation de l'ozone par l'action de l'électricité du frottement ou d'induction sur l'oxygène, il n'en est point de même pour les autres modes de production de ce corps.

Pour terminer, je dirai quelques mots de la théorie

de M. Clausius[1]. Partant de l'idée que la molécule d'oxygène ordinaire est composée de deux atomes, il explique la formation de l'ozone par la dissociation de ces atomes; l'ozone serait donc formé d'atomes libres et isolés. Nous avons vu, et M. Clausius l'avait lui-même reconnu, que ce dernier point n'est pas compatible avec les phénomènes découverts par MM. Andrews et Tait. Mais pour mettre l'hypothèse de M. Clausius en accord avec les faits, il suffit d'ajouter que ces atomes au moment où ils sont mis en liberté, se combinent immédiatement avec les molécules d'oxygène qui ne sont pas dissociées. Les raisonnements de M. Clausius ne paraissent pas ébranlés par cette addition, et sa théorie coïncide alors avec celle qne nous avons développée[2].

[1] *Archives*, 1858, t. II, p. 150.

[2] Ces recherches, comme celles qui avaient fait l'objet de ma précédente publication, ont été effectuées dans le laboratoire de M. Bunsen auquel je renouvelle ici mes vifs remerciements.

SUR LE RAPPORT

QUI RÈGNE ENTRE LA CHALEUR

RAYONNANTE ET LA VAPEUR D'EAU

PAR

M. TYNDALL
Professeur.

(*Philos. Trans.*. 1863.)

Les *Archives* ont rendu compte[1] des recherches multipliées de M. Tyndall sur l'important sujet de l'absorption du calorique rayonnant à basses températures par la vapeur d'eau, et de la discussion qui s'est élevée à cet égard entre lui et M. le professeur Magnus. Nous venons de revoir un nouveau mémoire du savant anglais, présenté le 20 novembre 1862 à la Société royale et dont l'analyse pourra intéresser nos lecteurs.

Une des objections faites à M. Tyndall consistait à dire qu'une couche d'humidité, déposée sur la surface de ses plaques de sel gemme, produisait l'effet qu'il attribuait à la vapeur. Dans ses nouvelles expériences, le réflecteur conique de la pile thermo-électrique qui fait face au tube destiné à recevoir les gaz, a été placé à l'*intérieur* de celui-ci, la moindre ouverture (qui d'ordinaire entoure la pile) s'appuyant contre la plaque de sel qui ferme le tube. La

[1] Voy. *Archives*, 1861, t. XII, p. 377.

face nue de la pile est située en arrière, à $^1/_{20}$ de pouce de distance. L'intervalle annulaire compris entre le tube et l'extérieur du cône est rempli de fragments de chlorure de calcium récemment fondu. Le flux de chaleur qui converge contre la partie centrale du sel en chasse toute l'humidité. Or, on trouve avec ce nouvel arrangement que, *par une humidité moyenne, la quantité de vapeur répandue dans l'air de Londres produit une absorption 60 fois supérieure à celle de l'air même.*

En second lieu, on avait objecté que les molécules de fumée qui souillent l'atmosphère de Londres étaient la cause de l'effet observé. Mais les mêmes résultats ont été produits par de l'air recueilli dans les environs de la capitale et sur les côtes de l'île de Wight, ainsi que par de l'air purifié à travers des tubes pleins de fragments de verre, humectés d'eau distillée.

On avait encore cherché à attribuer l'absorption à la couche d'air placée entre la plaque extérieure du tube à expérience et la face de la pile disposée en regard. Mais l'auteur s'est assuré qu'en faisant traverser par les radiations calorifiques une longueur de 24 pouces d'air sec avant qu'elles n'entrassent dans le tube, le résultat était le même que si elles eussent franchi 24 pouces d'un espace vide. Bien plus, il a répété les mêmes épreuves avec appareil entièrement dépourvu de plaques de sel gemme. Le galvanomètre indiquait nettement l'état de sécheresse ou d'humidité de l'air interposé entre la source et la pile. Cet air était à des tensions variables de 5 à 30 pouces anglais, et, en admettant que l'absorption est sensiblement proportionnelle à la quantité de matière dans le tube, on trouve qu'il y a un accord presque parfait entre les valeurs de l'absorption calculées et celles que fournit l'expérience.

L'auteur en déduit que le résultat n'est pas entaché de l'erreur qui aurait pu naître du fait que la vapeur de l'air humide se serait précipitée sur la surface intérieure du tube (de laiton poli), et, en diminuant, son pouvoir réfléchissant aurait déterminé un effet apparemment le même que celui de l'absorption. Mais, pour détruire toute objection de cet ordre, il a enfin reproduit les mêmes résultats en supprimant, outre les plaques de sel gemme, le tube même. Une grande boîte, destinée à protéger l'appareil contre les perturbations calorifiques extérieures, renferme la pile, les deux sources de chaleur (deux cubes d'eau bouillante), un écran mobile placé devant celle qui produit la compensation, puis, en avant et au-dessous de la face active de la pile, un cylindre de verre propre à recevoir soit des fragments de quartz humectés d'eau distillée, soit du chlorure de calcium. Un courant modéré d'air s'élève à travers ces substances, et, en s'interposant devant la source, accuse par son opacité ou sa transparence calorifique le degré d'humidité ou de sécheresse qui le caractérise.

Cette propriété de la vapeur aqueuse étant bien établie, continue M. Tyndall, les météorologistes peuvent l'appliquer à coup sûr. On peut, sans exagération, estimer au dixième de la radiation terrestre totale la portion absorbée à dix pieds de la surface du sol dans un jour de moyenne humidité. Par un temps chaud, et dans une atmosphère presque saturée, la proportion serait bien plus considérable. On conçoit toute l'importance de ce fait pour résoudre bien des questions intéressantes.

Remarquons d'abord que la vapeur qui absorbe la chaleur la rayonne à son tour très-abondamment. C'est ce

qui a lieu dans les tropiques, dans la région des calmes, où l'action solaire produit d'énormes quantités de vapeur qui retombent en déluges sur la terre. On avait cru que ceux-ci résultaient du refroidissement dû à la raréfaction des colonnes d'air montantes. Mais cela ne suffit pas à rendre compte de la quantité de chaleur mise en liberté dans la production de ces pluies torrentielles. Qu'est devenue la vapeur latente de la vapeur transformée en eau? L'auteur croit qu'elle a été en grande partie rayonnée dans l'espace. Mais le rayonnement qui dispose de si énormes quantités de chaleur après la condensation peut, dans une certaine mesure pour le moins, disposer de la chaleur possédée avant la condensation, et par conséquent doit hâter l'acte même de cette condensation. L'air saturé près de la surface de la mer est dans des circonstances totalement différentes de celles que réalisent les couches supérieures de l'atmosphère. La vapeur d'eau a un grand pouvoir rayonnant ; elle en a un absorbant tout pareil, et ce dernier est maximum quand le corps radieux est aussi de la vapeur. Donc, quand la vapeur quitte l'océan équatorial et s'élève, elle rencontre d'abord une masse de vapeur au-dessus d'elle, dans laquelle elle verse sa propre chaleur, et par laquelle cette chaleur est interceptée et en partie renvoyée. C'est ce qui fait obstacle à la condensation dans les couches inférieures de l'atmosphère. Mais, à mesure que la masse de vapeur traverse des couches de vapeur dont la densité diminue bien plus rapidement que celle des couches d'air qui les renferment, elle est délivrée de l'écran qui la protégeait, elle rayonne librement dans l'espace et, privée de son énergie potentielle, elle se liquéfie.

La même remarque s'applique à la formation des cu-

mulus dans nos latitudes. Ce sont les têtes de colonnes de vapeur qui s'élèvent de la surface du sol et se condensent en nuage à une certaine élévation. Ce nuage n'est que le chapiteau d'une colonne invisible d'air saturé. Certainement, le sommet de la colonne, perçant la mer de vapeur qui enveloppe la terre et se présentant à l'espace, doit se refroidir par le rayonnement de sa propre vapeur, et cet acte seul rend la condensation nécessaire. Le plan de vapeur doit aussi dépendre plus ou moins des effets refroidissants du rayonnement.

Ces considérations peuvent être étendues aux montagnes agissant comme condenseurs. Quand un vent humide rencontre une chaîne de montagnes, il est renvoyé de bas en haut, et une certaine condensation résulte sans doute du travail accompli par l'expansion de l'air. Mais il ne faut pas oublier la seconde cause, car il est soulevé jusque dans une région où sa vapeur peut librement perdre de la chaleur en la rayonnant dans l'espace. Pendant l'absence des vents humides, les montagnes elles-mêmes se refroidissent par rayonnement et se préparent à servir d'énergiques condenseurs. N'oublions pas que le pouvoir rayonnant de l'eau persiste dans ses trois états. Comme vapeur, elle perd sa chaleur et produit la condensation ; comme eau, elle perd sa chaleur et détermine la congélation ; comme solide, elle perd sa chaleur et accroît considérablement la puissance réfrigérante des surfaces sur lesquelles elle repose. La formation d'un nuage avant que l'air qui le contient touche une montagne froide, celle d'un nuage au-dessus d'un terrain froid, sont dues au rayonnement de la vapeur aqueuse. Les brouillards uniformément diffusés qui remplissent parfois l'atmosphère par un temps calme, peuvent résulter du froid engendré

par un rayonnement uniforme à travers toute la masse et non du mélange de courants de températures diverses. Tels sont ceux qui, le matin, dénotent le cours de bien des fleuves, le Nil, le Gange, etc.

L'observation prouve que le rayonnement s'accroît à mesure qu'on s'élève sur une montagne. Ainsi, à 1000 pieds anglais, en décembre et à 9 heures avant midi, M. Tyndall vit le thermomètre s'élever au soleil à 55°55 C., l'air étant à 11°,11 à l'ombre et la glace à l'ombre à — 5°,55. En janvier, à une altitude de 13,100 pieds, le thermomètre à boule noircie marquait au soleil, à 10 heures du matin 45°,55, c'est-à-dire 21°,9 de plus qu'à l'ombre, tandis qu'au lever de l'astre et sur la neige il indiquait —17°,5. Cet énorme refroidissement est parfaitement expliqué par l'absence de vapeur dans les régions plus élevées. L'auteur déclare n'avoir jamais tant souffert de la chaleur qu'en descendant par un beau jour du Corridor sur le Grand Plateau du Mont-Blanc. L'air était parfaitement calme et le soleil brûlant ; bien qu'il marchât dans des neiges profondes, la chaleur était insupportable. — Dans l'Australie centrale, il n'est pas rare de constater une différence de 22°C., en avril et en septembre, entre la température du jour et celle de la nuit quand le temps est serein : c'est que l'air y est parfaitement sec. Un refroidissement très-rapide suit le coucher du soleil. Telle est la cause qui rend les hivers presque insupportables au Thibet et les nuits si froides dans le Sahara.

L'air peut sembler pur avec ou sans une abondance de vapeur dissoute. C'est ce qui explique les variations observées dans les observations de l'éthrioscope de Leslie ou du pyrhéliomètre de Pouillet, toutes les circonstances *paraissant* identiques.

Wells a, comme on sait, donné la véritable explication de la formation de la glace dans l'Inde en l'attribuant au rayonnement. Mais cette théorie exige un supplément. Par une même température diurne et un temps clair, comme à Bénarès, on ne verrait pas à Londres de la glace se former pendant la nuit, l'humidité atmosphérique retarderait beaucoup trop le refroidissement. Il résulte des descriptions du procédé qu'un air sec et calme est le plus favorable à la production de la glace, et qu'elle est plus abondante dans les nuits où il y a peu de rosée. Les vases à fond plat contenant l'eau étaient placés sur de la paille sèche, et si cette paille se mouillait, il fallait l'enlever. Wells l'explique en disant que la paille humide est plus dense que la sèche, et partant plus apte à transporter la chaleur terrestre aux vases. Cela peut être vrai dans une certaine mesure ; mais il est certain que l'évaporation de l'eau qui mouille la paille détermine une couche de vapeur qui empêche le rayonnement des bassins.

Melloni, dans sa théorie du *serein*, dit que plusieurs auteurs l'attribuent au froid produit, pendant la belle saison, par le rayonnement de l'air immédiatement après le coucher du soleil. Ce rayonnement, que l'expérience prouve exister chez la vapeur d'eau, est bien la cause du phénomène. La même action qui produit le serein peut, en devenant plus énergique, congeler la pluie fine, et l'aggrégation de petites particules ainsi solidifiées formerait la *grêle*. Mais c'est un point sur lequel il faut de nouvelles recherches.

Dans un nouveau mémoire présenté à la Société royale au commencement de juin, M. Tyndall compare l'action de toutes les vapeurs qu'il a examinées à celle des liquides

dont elles émanent. L'ordre d'absorption est exactement le même pour les deux états. Au bas de la liste figure l'*eau* comme le liquide le plus opaque. Or, il existerait une bien remarquable exception à ce qui paraît être une *loi générale*, si la vapeur d'eau était inactive.

En résumé, l'absorption et le rayonnement sont des phénomènes moléculaires, indépendants de l'état d'aggrégation [1].

E. Wartmann.

[1] Parmi les phénomènes météorologiques à l'explication desquels s'applique la propriété découverte par M. Tyndall, il convient de citer le *mirage*. C'est grâce à l'opacité des couches atmosphériques supérieures pour le calorique rayonné par le sol et par celles qui l'avoisinent que ces dernières acquièrent une température capable de renverser l'ordre ordinaire des densités. Il est à remarquer que c'est sur les bords des lacs et des mers que les mirages sont le plus fréquents.

MÉMOIRE

SUR

LA LOI DE PRODUCTION DES SEXES

CHEZ LES PLANTES, LES ANIMAUX ET L'HOMME

PAR

M. THURY

Professeur à l'Académie de Genève.

Broch. 8°. — Genève, Juillet 1863.

Ce travail, dont nous donnons aujourd'hui un extrait, nous a été remis le 4 juillet dernier, imprimé et prêt à être livré au public. Des circonstances indépendantes de notre volonté, nous ont empêché de nous en occuper plus tôt : nous venons aujourd'hui combler cette lacune. L'importance du sujet, et l'intérêt que donnent à la découverte de M. Thury les déductions théoriques sur lesquelles elle repose, nous font espérer que cette analyse, quoique tardive, aura un intérêt réel pour nos lecteurs.

F.-J. PICTET.

Le mémoire de M. Thury se divise en trois parties. Dans la première, intitulée *Déduction de la loi des sexes*, l'auteur expose la suite des idées qui l'ont conduit à sa théorie. La seconde, plus courte, contient, sous le titre de *Résumé*, l'exposition dogmatique complète des idées

de l'auteur. La dernière est une *Notice*, rédigée par M. Cornaz, où cet habile agriculteur rend compte des expériences de vérification qu'il a poursuivies pendant deux années consécutives, et qui ont confirmé les vues théoriques de l'auteur du mémoire.

Les bornes de cet article ne nous permettent pas de suivre l'auteur dans toute la série des raisonnements par lesquels il établit sa théorie. Nous dirons seulement que l'étude des plantes, chez lesquelles, en dirigeant l'influence des agents extérieurs, l'observateur est maître de provoquer le développement de l'un ou de l'autre sexe, semble montrer que le développement du sexe mâle se rattache toujours aux causes générales qui amènent une maturation plus complète des sucs, et un développement plus achevé des organes.

C'est cette donnée fondamentale que l'auteur applique au règne animal. Il rappelle d'abord l'identité fondamentale des deux sexes, identité qui permet d'expliquer par de simples différences dans le mode et la quantité du développement, les différences caractéristiques des sexes. Il trouve ensuite les causes de ces différences, par analogie avec les plantes, dans les circonstances qui, à un moment donné, très-voisin de la première origine de l'être, puisque ce moment est antérieur à la détermination du sexe, produisent un développement plus complet lorsqu'il s'agit d'un mâle, et moins avancé ou moins complet lorsqu'il s'agit d'une femelle.

Il restait à fixer le moment précis où s'opère cette détermination primitive du sexe : Ce pouvait être avant la fécondation, ou bien pendant cet acte, ou bien après. Dans le premier cas, si la fécondation se trouvait retardée, le retard, permettant un développement plus com-

plet de l'œuf, devrait amener en général la production d'individus mâles. Or chez les abeilles, d'après les observations de Huber, si la fécondation a lieu de bonne heure, il en résulte premièrementdes ouvrières, c'est-à-dire des femelles, tandis que si la fécondation est retardée au delà du 22[me] jour, tous les œufs pondus sont des œufs de mâles. Suivant M. Thury, le moment décisif pour la production du sexe précèderait donc la fécondation.

Il est vrai que chez les abeilles, l'interprétation des faits est assez complexe, soit à cause de la parténogénèse, soit par suite de quelques autres circonstances particulières de la reproduction chez les insectes. Mais l'auteur savait aussi, par quelques expériences antérieures, que chez les oiseaux de basse-cour, les derniers œufs pondus donnent presque toujours les coqs de la couvée, et il lui semblait probable que les derniers œufs qui se détachent de l'ovaire de la poule sont ceux qui ont eu le plus de temps pour mûrir. Ces œufs sont fécondés au passage dans la partie supérieure de l'oviducte, comme tous les physiologistes le savent. Donc, ici encore, lorsque la fécondation est retardée, il en résulte des mâles.

Il était facile d'appliquer les données précédentes aux mammifères unipares. Ici, l'œuf se détache de l'ovaire au commencement du temps de rut, et il peut recevoir la fécondation pendant toute la durée de la période de chaleur, et par conséquent, lorsqu'il est parvenu à un état de maturation relative ou développement plus ou moins avancé. Si la fécondation a lieu au commencement de la période de chaleur, il en résulte une femelle, si c'est à la fin de cette période, il naît un mâle. Telle est la prévision que les expériences de M. Cornaz ont pleinement justifiée.

On voit que, selon l'auteur, la vie de l'œuf non fécondé se divise en deux périodes. Dans la première, il est en principe œuf femelle, et dans la seconde œuf mâle. L'auteur nomme *moment de vire*, le temps, probablement très-court, qui sépare les deux périodes, et où la marche naturelle du développement amène quelque changement brusque, dont l'histologie devra nous faire connaître la nature. Il admet que la durée relative des deux périodes de la vie de l'œuf peut être modifiée, sous l'influence de l'état organique de la femelle, d'où résulterait une prédisposition de quelques femelles à donner naissance soit à des individus de leur sexe, soit à des mâles. La température, par son action directe sur l'œuf, et l'influence du mâle fécondateur sur l'état organique de la femelle, produiraient aussi de semblables résultats.

L'auteur, dans toutes ses déductions, semble partir d'un point de vue général qu'il indique bien, mais qu'il ne démontre nulle part d'une manière positive, le considérant, semble-t-il, comme une espèce d'axiome. Il admet que « *la vie sexuelle étant commune aux animaux et aux plantes, doit être soumise, dans les deux règnes, à des lois fondamentales identiques.* » Si cela reste vrai d'un règne à l'autre, à plus forte raison doit-il en être ainsi d'un embranchement à l'autre d'un même règne. Cela permet de généraliser beaucoup, mais il reste, et c'est là le difficile, à distinguer sûrement les faits qui touchent aux lois essentielles, des manifestations infiniment variées par lesquelles ces mêmes lois combinées se réalisent.

Nous reproduisons textuellement la seconde et la troisième partie, telles que nous les trouvons dans la brochure de M. Thury.

Seconde partie. — Résumé et observations pratiques.

1. Le sexe dépend du degré de maturation de l'œuf au moment où il est saisi par la fécondation.

2. L'œuf qui n'a pas atteint un certain degré de maturation, s'il est fécondé, donne une femelle; quand ce degré de maturation est dépassé, l'œuf, s'il est fécondé, donne un mâle.

3. Lorsque, au temps de rut, un seul œuf se détache de l'ovaire pour descendre lentement à travers le canal génital (animaux unipares), il suffit que la fécondation ait lieu au commencement du temps de rut pour qu'il en résulte des femelles, et à la fin pour qu'il en résulte des mâles, le *vire* de l'œuf ayant lieu *normalement* pendant la durée de son trajet dans le canal génital.

4. Lorsque plusieurs œufs se détachent successivement de l'ovaire pendant la durée d'une même période génératrice (animaux multipares, et ovipares en général), les premiers œufs sont en général moins développés et donnent des femelles; les derniers sont plus mûrs, et donnent des mâles. Mais s'il arrive qu'une seconde période génératrice succède à la première, ou si les circonstances extérieures ou organiques changent considérablement, les derniers œufs peuvent ne pas atteindre au degré supérieur de maturation, et donner de nouveau des femelles.

Toutes choses égales d'ailleurs, l'application du principe de sexualité est moins facile lorsqu'il s'agit d'animaux multipares.

5. Dans l'application des principes ci-dessus aux grands mammifères, il importe que l'expérimentateur observe une

première fois la marche des phénomènes de chaleur chez l'individu même sur lequel il se propose d'agir, afin de connaître exactement la durée et les signes de l'état de rut, qui varient fréquemment d'un individu à l'autre.

6. Il est évident qu'on ne peut attendre aucun résultat certain lorsque les signes de chaleur sont vagues ou équivoques. Cela n'arrive guère chez les animaux libres; mais les bestiaux à l'engrais, ou renfermés dans l'écurie, offrent quelquefois cette particularité anormale ; de tels animaux doivent être exclus de l'expérimentation.

7. Il résulte de la manière même dont la loi qui régit la production des sexes a été déduite, que cette loi doit être générale, et s'appliquer à tous les êtres organisés, c'est-à-dire aux plantes, aux animaux et à l'homme [1].

Il faut distinguer soigneusement la loi elle-même (1 et 2 de ce résumé), qui est absolue, des applications plus ou moins faciles qu'il sera possible d'en faire.

Notice de M. George Cornaz.

Moi soussigné, Georges Cornaz, administrateur du domaine de feu mon père, M. A. Cornaz, président de la Société d'agriculture de la Suisse romande, à Montet, canton de Vaud, Suisse ; certifie avoir reçu communication de M. Thury, professeur à l'Académie de Genève, en

[1] On sait que le temps de la descente de l'œuf, qui chez la femme correspond à la période de rut des animaux, comprend les dix à douze jours qui suivent la fin des règles. La durée de cette période est un peu variable.

date du 18 février 1861, d'instructions confidentielles, ayant pour objet une vérification expérimentale de la loi qui régit la production des sexes chez les animaux.

J'ai utilisé sur mon troupeau de vaches les données qui m'ont été fournies par M. Thury, et j'ai obtenu *d'emblée, sans aucun tâtonnement, tous les résultats attendus.*

En premier lieu, dans *vingt-deux* cas successifs, j'ai cherché à obtenir des génisses ; mes vaches étaient de race Schwitz, et mon taureau un pur-sang Durham ; les génisses étaient recherchées par les éleveurs, et les taureaux ne se vendaient que pour la boucherie ; j'ai obtenu le résultat cherché dans *tous* les cas.

Ayant plus tard acheté une vache pur-sang Durham, il m'importait d'obtenir d'eux un nouveau taureau qui pût remplacer celui que j'avais acheté à grands frais, et sans attendre le hasard d'une portée mâle.

J'ai fait opérer suivant les prescriptions de M. le professeur Thury, et la réussite a de nouveau confirmé la vérité du procédé qui m'avait été communiqué, procédé dont l'application est immédiate et très-facile.

J'ai obtenu, outre mon taureau Durham, six autres taureaux croisés Durham-Schwitz que je destinais au travail ; en choisissant des vaches de même couleur et de même taille, j'ai obtenu des paires de bœufs fort bien appareillés.

Mon troupeau est composé de quarante vaches de tout âge.

En résumé, j'ai fait en tout vingt-neuf expériences selon le procédé nouveau, et toutes ont donné le produit cherché, mâle ou femelle ; je n'ai eu aucun cas de non-réussite. Toutes les expériences ont été faites par moi-même, sans intervention d'aucune autre personne.

En conséquence, je puis déclarer que je considère comme réelle et parfaitement sûre la méthode de M. le professeur Thury, désirant qu'il soit bientôt à même de faire profiter tous les éleveurs et agriculteurs en général d'une découverte qui régénérera l'industrie de l'élève du bétail.

Fait à Montet, ce 10 février 1863.

(Signé) G. Cornaz.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

MM. Henri Deville et Troost. De la porosité du platine. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences* du 25 mai 1863).

Dans un mémoire sur la détermination des hautes températures, M. E. Becquerel était arrivé sur le point d'ébullition de quelques corps, à des résultats passablement différents de ceux qu'avaient obtenus MM. Deville et Troost. Soupçonnant que ces différences tenaient à l'emploi qu'avait fait M. E. Becquerel de réservoirs en platine pour ses appareils pyrométriques, les deux physiciens que nous venons de nommer sont parvenus à déterminer la cause pour laquelle le platine ne présente aucune sécurité lorsqu'il s'agit d'expériences à hautes températures faites sur les gaz ou les vapeurs. Ils ont constaté qu'à ces températures le platine se conduit comme ces vases poreux avec lesquels on fait les belles expériences d'endosmose gazeuse de M. Jamin et celles que M. Deville a aussi publiées sur ce sujet.

Voici les résultats de ces curieuses expériences telles que nous les trouvons consignées dans le *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* du 25 mai 1863.

« Nous prenons un tube de platine, extrait d'un lingot[1] bien travaillé, que l'on emboutit et qu'on passe à la filière, de ma–

[1] Nous ne parlons ici que du platine ordinaire en mousse rapprochée par le marteau, tel qu'il a été préparé exclusivement jusqu'à ces derniers temps. Nous faisons fabriquer en ce moment un tube en platine fondu sur lequel nous expérimenterons à nouveau.

nière à obtenir un tube très-sain, très-homogène et sans soudure. (Les deux tubes sur lesquels nous avons expérimenté étaient dans ces conditions et avaient été fabriqués avec la plus grande perfection par MM. des Moutis, Chapuis et Quennessen.) On introduit ce tube dans un autre tube en porcelaine de Bayeux, beaucoup plus large et moins long, et l'on ferme l'espace annulaire compris entre eux au moyen de bons bouchons de liége. Cet espace annulaire, rempli de fragments de porcelaine, est traversé par un courant d'hydrogène sec et pur qui, entrant et sortant par deux tubes de verre, ne peut avoir aucune communication directe avec l'intérieur du tube de platine. Celui-ci, fermé par deux bouchons de caoutchouc préalablement chauffés, reçoit de l'air desséché par son passage au travers d'un laveur de M. Alvergniat, d'une éprouvette pleine de ponce sulfurique et enfin d'un vase rempli de fragments de potasse fondue. Le système ainsi préparé[1] est introduit dans un fourneau alimenté d'air et de charbon des cornues à gaz.

« Ainsi, dans notre appareil, l'air et l'hydrogène circulent séparés par une cloison intacte et continue de platine. Si, à la température ordinaire, on recueille l'air qui sort du tube de platine, on lui trouve la composition normale :

Oxygène.......	20,9	21
Azote.........	79,1	79
	100,0	100

L'hydrogène sortant de l'espace annulaire, également à la température ordinaire, est entièrement absorbable par l'oxyde de cuivre et sans résidu.

« Mais, si l'on élève lentement la température, le phénomène change avec une régularité surprenante; l'air perd peu à peu son oxygène et il se condense dans le tube abducteur de l'eau que

[1] C'est le même appareil que l'un de nous a déjà utilisé en y mettant un tube de terre poreux au lieu d'un tube de platine (Voir *Comptes rendus*, t. LII, p. 524).

nous avons recueillie et pesée ; sa proportion va en augmentant avec la température. Enfin, quand celle-ci est arrivée à 1100° environ (par estimation), le tube de platine, qui reçoit de l'air sec, ne fournit plus que de l'azote et de l'eau ; en même temps on voit diminuer d'une manière sensible le nombre des bulles d'hydrogène qui sortent par le tube abducteur communiquant à l'espace annulaire.

« Bien plus, quand on dépasse la température de 1100° (par estimation), les gaz sortant du tube de platine contiennent une quantité notable d'hydrogène.

« Si on laisse refroidir l'appareil, les phénomènes se reproduisent, mais en sens inverse, jusqu'à ce que le gaz qui traverse le tube de platine redevienne de l'air pur.

« Pendant toute la durée de l'expérience, l'hydrogène qui sort de l'espace annulaire est entièrement absorbable par l'oxyde de cuivre.

« Au moment où la température est très-élevée, si l'on ferme brusquement le robinet qui amène l'hydrogène dans l'espace annulaire, en plongeant aussitôt dans une cuve à mercure le tube qui donne issue au gaz, on voit le mercure monter peu à peu dans ce tube jusqu'à la hauteur de 602 millimètres (le baromètre étant à 755 millimètres). L'hydrogène pénétrait donc encore dans le tube de platine, et un vide presque complet se produisait dans l'espace annulaire. Et cependant nous avons constaté que notre appareil, assez difficile à construire, n'était pas parfaitement clos. C'est peut-être la seule raison qui explique cette faible différence de 15 centimètres entre la hauteur barométrique et la hauteur du mercure dans le tube abducteur, différence qui mesure la pression du gaz resté ou introduit par des fuites dans le manchon de porcelaine.

« Il résulte de ce qui précède que le platine se conduit à haute température comme ces vases poreux avec lesquels ont réussi si facilement les belles expériences d'endosmose gazeuse de M. Jamin et celles que l'un de nous a déjà publiées.

« On peut avoir encore une preuve aussi convaincante de cette porosité, en remplaçant, dans l'expérience précédente, l'air par de l'acide carbonique pur et sec et en maintenant, dans l'espace annulaire, le courant d'hydrogène. A l'extrémité du tube de platine, on recueille, en même temps que de l'acide carbonique, une grande quantité d'oxyde de carbone et d'hydrogène [1].

« On comprendra ainsi l'impossibilité de construire des pyromètres à gaz avec du platine quand ces pyromètres doivent être mis en contact avec les gaz réducteurs ou l'hydrogène d'un foyer; on comprendra également pourquoi les températures que M. Ed. Becquerel a déterminées, et qui diffèrent de celles que nous avons publiées nous-mêmes, sont plus basses de 100° environ que toutes celles qui ont été obtenues, soit par nous, soit par d'autres [2]. »

MM. Deville et Troost consacrent la fin de leur note à expliquer pourquoi M. E. Becquerel a trouvé pour l'ébullition de certains

[1] En opérant sur les mêmes tubes, à températures élevées et croissantes, on obtient des gaz renfermant :

Hydrogène	12,7	7,3
Oxyde de carbone......	»	17,7
Acide carbonique.......	87,3	75,0
	100,0	100,0

La dernière analyse se rapporte au gaz sortant du tube de platine et recueilli à la température la plus élevée, ce qui justifie la présence de l'oxyde de carbone et de l'humidité dans les gaz recueillis.

[2] Pendant l'impression de cette note, nous avons reçu du grand fabricant de Londres, M. Matthey, un tube de platine fondu pesant 1,070 grammes, de 60 centimètres de longueur et de 2 millimètres environ d'épaisseur. Toutes nos expériences déjà décrites ont été répétées avec ce tube et ont donné exactement le même résultat, en déterminant la formation de l'eau au moyen de l'hydrogène et aux dépens de l'air, en produisant le vide dans l'espace annulaire, etc. L'énorme épaisseur de ce tube et sa qualité n'ont en rien altéré les phénomènes ni dans leur sens, ni dans leur intensité, ni dans leur activité. M. Matthey, connaissant nos besoins, a fait fabriquer immédiatement ce tube avec une portion du lingot de 100 kil. de platine fondu qu'il a exposé en 1862 et, prévenant nos désirs, nous l'a gracieusement envoyé pour être utile à la science. Nous lui en exprimons publiquement notre reconnaissance.

corps, du cadmium et du zinc en particulier, des températures très-inférieures (de plus de 100°), à celles qu'ils avaient eux-mêmes déterminées en employant, pour y renfermer l'air, au lieu de vases en platine, des vases de porcelaine de Bayeux imperméables et absolument rigides à ces hautes températures, puisqu'ils y tiennent le vide absolu et qu'ils sont encore fort éloignés de leur point de fusion ou de ramollissement. La porosité du platine l'empêche, au contraire, de conserver les gaz à haute température et à haute pression; mais surtout l'endosmose force, malgré une pression contraire, les gaz du foyer d'entrer en contact avec l'air du pyromètre. Il se forme alors de l'eau avec diminution de volume due à la disparition de l'oxygène.

Sur la diffusion des gaz a travers certains corps poreux, par M. Matteucci (*Compt. de l'Ac. des Sc.*, du 3 août 1863)[1].

Parmi les phénomènes de physique moléculaire découverts dans ces derniers temps, on a dû certainement être frappé de ceux que M. H. Sainte-Claire Deville a annoncés à l'Académie dans les séances du 2 février et du 25 mai de cette année. Il s'agit d'un courant de gaz hydrogène qu'on fait passer dans un tube poreux entouré de l'atmosphère et qu'on trouve à la sortie du tube complétement changé en un courant d'air atmosphérique. Cette expérience est encore plus frappante lorsqu'on substitue au tube poreux un tube de platine chauffé à une certaine température; mais comme, dans ce cas, outre l'action du corps poreux, il faut ajouter l'influence propre du platine pour condenser les

[1] Nous avons rendu compte dans le temps des expériences curieuses de M. Deville sur l'endosmose gazeuse qui a lieu à travers un tube de terre poreuse; nous venons de donner l'analyse dans notre précédent article des résultats inattendus que vient d'obtenir le même savant en employant des tubes de platine au lieu de tubes de terre. Nous pensons être agréables à nos lecteurs en reproduisant également la note dans laquelle le savant physicien italien a rendu compte de recherches toutes récentes qu'il vient de faire sur le même sujet (*Réd.*)

gaz, je me suis borné dans cette note à étudier la première expérience du passage des gaz à travers un tube poreux. Je me suis rappelé en cette occasion avoir dans le temps fait l'analyse des gaz contenus dans des gousses de pois, des fèves et surtout dans celles du *Colutea arborescens*, dans lesquelles j'avais trouvé une quantité abondante d'acide carbonique. J'ai repris, étant à la campagne, ces expériences et j'ai vérifié ces résultats. La quantité d'acide carbonique contenue dans l'air de ces gousses varie de 2 à 6 pour 100, suivant le degré de maturation du fruit, l'heure du jour et l'état de l'atmosphère. J'ai même remarqué que, en détachant ces gousses de la plante, il faut laisser passer plusieurs heures et quelquefois des jours entiers pour ne plus y trouver que de l'air atmosphérique pur. On sait aussi qu'en exposant à l'air des estomacs de poulet ou des vessies remplies de différents gaz, il faut des jours entiers pour ne plus trouver dans ces vessies que de l'air atmosphérique. Ces résultats ne s'accordent pas si facilement avec les expériences de M. Deville, à moins d'admettre que l'état de courant et la petite pression à laquelle le gaz est soumis dans le tube poreux rendent beaucoup plus facile la sortie du gaz à travers les interstices de ce tube. J'ai commencé par répéter l'expérience de M. Deville en faisant passer le courant du gaz hydrogène ou d'acide carbonique à travers un long morceau d'intestin de poulet ou d'agneau, et j'ai trouvé que ces gaz passaient à peu près purs, quand même le courant passait lentement. Au lieu des tubes de terre poreuse, que je n'ai pas réussi à me procurer, j'ai employé un tube de 8 à 10 millimètres d'épaisseur formé avec du plâtre à mouler que j'avais laissé dessécher au soleil. Avec ces tubes de plâtre, les résultats se rapprochent de ceux de M. Deville. Les expériences sont faciles à faire avec l'acide carbonique, car on n'a dans ce cas qu'à absorber l'acide carbonique par la potasse. J'ai ainsi trouvé que, quand le courant est très-lent et que la pression n'est que de quelques millimètres, il n'y a plus que 8 à 10 pour 100 d'acide carbonique dans le gaz sorti du tube : le reste, c'est de l'air at-

mosphérique pur. En augmentant la pression et la rapidité du courant, on voit aussi augmenter la quantité d'acide carbonique et on peut arriver jusqu'à y trouver 80 à 90 d'acide carbonique. Avec des courants de la même rapidité et avec un tube de plâtre dont la paroi avait une épaisseur à peu près triple, je trouvais des quantités beaucoup plus grandes d'acide carbonique dans le gaz sortant du tube. En répétant dans les mêmes conditions ces expériences avec le gaz hydrogène, j'ai trouvé, comme on pouvait s'y attendre, que la diffusion de ce gaz est encore plus rapide que celle de l'acide carbonique. Il est probable que l'épaisseur du tube poreux employé par M. Deville était encore plus petite que celle du tube le plus mince de plâtre avec lequel j'ai opéré, de sorte qu'on peut admettre qu'on arriverait avec le tube de plâtre aux mêmes résultats obtenus avec les tubes de terre poreuse. Il restait ainsi à expliquer la différence trouvée entre les membranes prises à l'état frais sur des animaux et des végétaux et les tubes de verre et de plâtre. On réussit à cela facilement en imbibant le tube de plâtre d'eau. Il est très-probable que ce qui arrive pour le plâtre réussit également avec la terre poreuse. Lorsque le tube de plâtre a été imbibé d'eau, même imparfaitement, j'ai trouvé à la sortie du tube l'acide carbonique et le gaz hydrogène aussi purs qu'à l'entrée et comme avec l'intestin. Ainsi donc les colonnes capillaires d'eau qui remplissent les interstices du tube de plâtre et de terre empêchent la diffusion des gaz, qui a lieu très-facilement lorsque ces colonnes n'existent pas, comme si ces gaz se trouvaient, sous une certaine pression, en présence du vide. Quand les colonnes capillaires d'eau interviennent, ces phénomènes changent en quelque sorte de nature et acquièrent une grande analogie avec les phénomènes d'endosmose. En effet, il faut alors considérer les deux gaz comme séparés par une couche plus ou moins continue d'eau, dans laquelle ces deux gaz entrent en dissolution avec des affinités très-inégales. Les deux gaz, une fois dissous dans l'eau, s'exhalent de nouveau chacun en présence du milieu différent, comme si c'était un espace vide.

On voit ainsi apparaître des différences qui dépendent en grande partie de la solubilité inégale des deux gaz Ainsi une grande vessie contenant du gaz hydrogène, mais très-imparfaitement remplie, suspendue dans une cloche pleine d'acide carbonique, ne tarde pas à se gonfler par une grande quantité d'acide carbonique, qui y pénètre en laissant sortir une quantité bien plus petite de gaz hydrogène. Des phénomènes analogues ont certainement lieu dans l'acte de la respiration pulmonaire.

Dr Joule. Sur un nouveau thermomètre d'une sensibilité extraordinaire (*Comptes rendus de la Société littéraire et philosophique de Manchester*, mars 1863).

Un tube cylindrique, de deux pieds de long sur quatre pouces de diamètre, fermé aux deux extrémités, est partagé dans le sens de sa longueur par un diaphragme ou cloison en carton noirci, qui n'occupe pas toute la longueur du tube, mais laisse, soit dans le haut soit dans le bas, un espace d'un peu plus d'un pouce. Dans l'espace supérieur se trouve un fragment d'aiguille à coudre aimantée, munie d'un petit indicateur en verre et suspendue librement par un simple filament de soie. Il résulte de la disposition de l'appareil, que la plus légère différence de température d'un côté à l'autre de la cloison doit donner lieu à un courant d'air, lequel montera du côté le plus chaud, puis après avoir fait dévier l'indicateur, redescendra du côté opposé [1]. On comprend que la sensibilité de l'appareil peut être augmentée presque indéfiniment, en diminuant la force directrice de l'aiguillée aimantée. Avec l'appareil construit par le Dr Joule, la chaleur émise par un vase contenant demi-litre d'eau à la température de 30° était très-appréciable à une distance de trois mètres. Une preuve de l'ex-

[1] Nous avons cru comprendre que cet indicateur (index) se trouve placé dans un plan vertical, de façon à opposer une résistance au courant d'air et faire ainsi tourner l'aiguille. *(R.)*

trême sensibilité de cet appareil, c'est qu'il rend sensible, au dire de l'auteur, la chaleur émise par la lune. En effet, un faisceau de rayons lunaires, la lune étant à peu près pleine, ayant été admis à travers une fente pratiquée dans un volet, on a vu l'indicateur être dévié de plusieurs degrés ; d'abord à gauche, puis à droite, à mesure que le faisceau de rayons, se portant de la gauche à la droite, passait graduellement à travers l'appareil. D'après un calcul approximatif fait par le Dr Joule, l'air renfermé dans l'appareil a dû être réchauffé de quelques dix millièmes de degré, soit sans doute par une quantité de chaleur équivalente à la lumière absorbée par le diaphragme noirci sur lequel tombaient les rayons.

CHIMIE.

FORDOS. [RECHERCHES SUR LA COLORATION EN VERT DU BOIS MORT ; NOUVELLE MATIÈRE COLORANTE : L'ACIDE XYLOCHLOÉRIQUE. (*Comp. rend. Acad. des Sciences*, t. LVII, page 50.)

On rencontre dans les forêts du bois mort, déjà en voie d'érémacausie, dont l'intérieur présente une coloration verte quelquefois très-intense, que M. Fordos a soumis à un examen chimique. Cet examen l'a conduit à la découverte d'une nouvelle matière colorante verte, très-stable, susceptible d'applications industrielles si on pouvait se la procurer en quantités suffisantes. Cette substance est solide, amorphe ; vue en masse elle est vert foncé tirant sur le bleu, avec un reflet cuivré ; en couche mince, telle qu'on l'obtient au fond d'une capsule de verre par l'évaporation spontanée de sa dissolution, elle est d'un beau vert-bleu avec un reflet rougeâtre. Elle est insoluble dans l'eau, l'éther, l'alcool, la benzine, le sulfure de carbone, mais le chloroforme et l'acide acétique cristallisable la dissolvent très-bien. Ses combinaisons avec les alcalis sont des précipités vert-jaunâtres insolubles dans l'eau et dans le chloroforme. L'eau chlorée transforme cette matière colorante en une substance jaune qui, agitée avec de l'ammoniaque, devient un composé rouge insoluble.

Pour extraire la substance verte, à laquelle l'auteur donne le nom d'*acide xylochloérique*, on épuise par le chloroforme le bois coupé menu. La dissolution bleuâtre agitée d'abord avec un peu d'eau acidulée que l'on en sépare ensuite, est additionnée d'eau distillée pour être ensuite soumise à la distillation. Le chloroforme se condense dans le réfrigérant et l'acide xylochloérique reste en suspension dans l'eau; il ne reste plus qu'à le recueillir sur un filtre et à le laver avec de l'alcool qui lui enlève une matière colorante rouge qui l'accompagne toujours en très-petite quantité dans le bois mort.

La cause de cette coloration du bois en voie de putréfaction ne paraît due ni à des insectes, ni à des productions mycodermiques ou cryptogamiques; M. Fordos est disposé à l'attribuer à une décomposition des matières astringentes du bois. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Nouveaux documents relatifs a l'antiquité de l'homme [1].

Caverne de Lherm. — La caverne de Lherm dans le département de l'Arriège a déjà attiré l'attention avant cette année; mais les discussions sur l'interprétation des faits qui y ont été observés continuent encore aujourd'hui avec quelque vivacité. Nous croyons donc devoir mettre nos lecteurs au courant de la question en rappelant brièvement les études antérieures, nous donnerons ensuite quelques détails sur les points contestés.

Les premiers travaux sur cette caverne sont dus à MM. J.-B. Rames, F. Garrigou et H. Filhol. Ils ont été publiés par extraits par l'Académie de Toulouse en 1861, et dans une brochure ayant pour titre: *L'homme fossile des cavernes de Lombrice et de Lherm*, in-8°, janvier 1862. Les auteurs y signalent l'existence d'ossements humains et même de crânes bien conservés, associés à des silex taillés et à des débris d'espèces animales en partie éteintes.

[1] Voyez *Bibl. univ. Archives*, août 1863.

Très-peu de temps après cette publication, l'abbé Pouech a présenté à la Société géologique de France (séance du 17 février 1862) un mémoire détaillé sur cette même caverne de Lherm. La plus grande partie du travail est consacrée à une description de la grotte, et à une discussion sur la manière dont elle a pu se former. L'auteur arrive à des résultats tout différents de ceux qui avaient été acceptés par ses prédécesseurs. Il admet que la grotte n'est restée émergée que depuis le dernier cataclysme diluvien jusqu'à nous, et que depuis lors seulement elle a été habitée par les grands carnassiers. Suivant lui, les grands felis, les hyènes et quelques ours ont été ses premiers hôtes. D'autres ours appartenant à des espèces plus voisines des actuelles, l'ont habitée ensuite et l'homme n'y serait venu que le dernier.

Les conclusions de M. l'abbé Pouech tendraient donc à faire considérer les ossements humains signalés par MM. Rames, Garrigou et Filhol, comme appartenant à des races plus récentes que la période diluvienne et par conséquent comme n'ajoutant rien à ce que l'on sait sur l'antiquité de l'homme.

Les naturalistes précités ne se sont pas tenus pour battus, MM. J.-B. Rames a publié une réponse très-vive intitulée: *Encore un mot sur la caverne de Lherm*. Paris, 1863, in-8°, et M. F. Garrigou a présenté un nouveau mémoire à la Société géologique de France, dans sa séance du 13 avril 1863. Ces observations combattent fortement, et ce nous semble avec succès, deux des assertions de M. l'abbé Pouech.

La supposition que la caverne n'ait été émergée qu'après la fin de l'époque diluvienne paraît en désaccord avec ce que nous connaissons. Il faudrait supposer à cette époque un soulèvement dont il n'existe pas d'autres preuves. Il est plus probable qu'elle a été sensiblement dans le même état depuis la fin de la période tertiaire.

On peut encore moins admettre que les grands carnassiers d'espèces perdues n'aient habité l'Arriège qu'après la periode diluvienne, car partout ailleurs on trouve leurs ossements dans les

dépôts diluviens. M. l'abbé Pouech ne donne aucune preuve suffisante pour justifier une pareille exception.

Il est donc bien plus probable que les choses se sont passées dans la caverne de Lherm comme dans toutes celles qui ont été décrites. La contemporanéité de l'homme et de quelques espèces perdues (*Ursus spelœus*, *Hyæna spelœa*, *Felis* de grande taille, etc.) y est démontrée par des faits analogues à ceux dont on a tiré souvent la même conclusion. Ces faits sont : le mélange des os humains et des os d'animaux; la trace de l'action de l'homme sur des os par des incisions ou des perforations évidemment volontaires ; quelques-uns de ces os convertis en véritables instruments; des dépôts de charbons, etc.

Nous nous bornons ici à ces indications générales en renvoyant pour la discussion des détails aux mémoires originaux que nous avons cités.

Du terrain quaternaire et de l'ancienneté de l'homme dans le nord de la France, par M. d'Archiac. — Le savant professeur de paléontologie du Jardin des Plantes s'était jusqu'à présent peu mêlé aux discussions sur la machoire de Moulin-Quignon. Il a été amené à son tour à se prononcer dans les leçons qu'il professe au Museum, car il a traité précisément cette année du terrain quaternaire. Trois de ses leçons ont été recueillies et publiées par M. E. Trutat sous le titre que nous venons d'indiquer.

Nous sommes heureux de trouver dans cette publication une confirmation des opinions que nous avons soutenues et développées dans la *Bibliothèque universelle.* La haute réputation et la légitime influence de M. d'Archiac nous rendent cette confirmation précieuse.

Nous ne pouvons pas analyser tout ce travail, qui commence par une esquisse des connaissances acquises sur le terrain quaternaire de la Somme et qui renferme de nombreux détails historiques sur la découverte de Moulin-Quignon, détails que nous avons déjà donnés à nos lecteurs. Mais il est un point d'une haute

importance, sur lequel nous devons par contre attirer leur attention. Nous avons exposé ailleurs les doutes qui se sont élevés au sujet de l'antiquité réelle de ce dépôt. M. d'Archiac a abordé de front cette question et cette portion de son ouvrage fournit un complément important à tout ce qui a été publié sur ce sujet.

Il fait remarquer, en premier lieu, que la découverte de la mâchoire « n'a en réalité qu'une importance secondaire et ne fait que confirmer des preuves d'une plus grande valeur par leur nombre et leur généralité. » Nous avons fait aussi la même remarque dans un précédent article, mais en la restreignant au point de vue spécial de l'antiquité de l'homme. La découverte de fragments osseux de quelque importance et suffisamment authentiques ouvrirait un nouvel horizon plus intéressant et plus étendu en fournissant des données sur les caractères organiques des races anciennes et sur les modifications que la série des siècles peut avoir apportées dans leur structure.

M. d'Archiac formule son opinion d'une manière parfaitement précise par les mots suivants : « En tenant compte de toutes les données acquises, nous ne pouvons guère, dans l'état actuel de nos connaissances, nous refuser à admettre que les silex taillés des environs d'Amiens et d'Abbeville, se trouvent dans des dépôts en place, essentiellement quaternaires, associés avec des ossements d'animaux d'espèces perdues, et à moins de circonstances particulières que rien ne fait encore soupçonner, la mâchoire humaine de Moulin-Quignon doit en être contemporaine. »

Vient maintenant le point essentiel, la détermination précise de l'âge de ces dépôts ou de la place qu'ils occupent dans la série quaternaire. M. d'Archiac fait remarquer que les termes de comparaison sont nuls ou douteux si on les cherche au Sud ; mais qu'on en trouve de suffisants dans les Pays-Bas et en Angleterre.

Dans le département de la Somme, les graviers qui nous intéressent reposent directement sur la craie et quelquefois sur les dépôts tertiaires anciens ; mais, de l'autre côté du détroit, les couches qui renferment les silex travaillés sont disposées au-

dessus du *boulder-clay* et ont succédé au ravinement partiel de cette formation. Elles sont par conséquent plus récentes que les dépôts quaternaires marins des Iles britanniques et que les phénomènes glaciaires. Ces couches sont d'origine lacustre et renferment une faune identique à celle des graviers de la Somme, et il n'y a aucun motif pour ne pas les juger contemporaines. Ce sont les *Elephas primigenius* et *antiquus*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Hippopotamus major*, *Ursus spelœus*, etc., etc. On trouve également les mêmes coquilles et en particulier la *Corbicula consobrina* ou *fluminalis* est caractéristique de cet horizon.

On peut donc regarder comme démontré que les gisements de Menchecourt et des autres localités des environs d'Abbeville et d'Amiens, ont été formés après la première période glaciaire et à peu près vers le milieu de l'époque quaternaire. M. d'Archiac ajoute, mais sans en donner une démonstration, qu'ils ont précédé la seconde période glaciaire.

Le savant professeur termine comme suit : « Alors nous distinguerons, avec M. Worsæe, deux *âges de pierre*, l'un antérieur à ces derniers dépôts quaternaires ou *antédiluvien*, caractérisé par les silex les plus grossièrement taillés ; l'autre postérieur ou *antéhistorique*, dont les armes ou les instruments témoignent déjà d'un état un peu moins barbare, qui remonte au temps où les populations du Danemark accumulaient les kjœkkenmœddings, et où celles de la Suisse, de l'Irlande et d'autres régions construisaient leurs habitations lacustres. »

Cette conclusion est, comme on le voit, directement opposée à l'opinion émise par M. Élie de Beaumont, que les silex taillés du département de la Somme sont contemporains des constructions lacustres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1863.

Le 1er, halo solaire de 10 h. 30 m. à midi 15 m.; le soir, éclairs à l'Est et à l'Ouest.

2, deux orages éclatent dans la nuit du 1er au 2; le premier atteint sa plus grande intensité un peu après 1 h. du matin, le second vers 2 h. du matin; l'un et l'autre suivent la direction de l'Ouest à l'Est. Un troisième orage plus violent que les précédents éclate dans la matinée en suivant la même direction, depuis 8 h. 30 m. jusqu'à 11 h. les éclairs et les tonnerres se succèdent sans interruption · la plus grande intensité a lieu de 9 h. 35 m. à 9 h. 55 m.

5, la fraction de saturation est descendue à 0,268 à 1 h 50 m. du soir; thermomètre sec + 32°,30, thermomètre humide + 19°,20.

9, la fraction de saturation est descendue à 0,226 à 3 h. 20 m. du soir; thermomètre sec + 33°,00, thermomètre humide + 18°,70; le soir, de 9 h. à 10 h., éclairs à l'Est et au SE.

10, la fraction de saturation est descendue à 0,164 à 3 h. 45 m. du soir; thermomètre sec +32°,80 thermomètre humide +17°,00; pendant cette après-midi la fraction est restée au-dessous de 0,200 depuis 3 h. à 4 h. 30 m.

11, quelques coups de tonnerre au Nord entre 1 h. 15 m. et 1 h. 30 m.; tonnerres depuis 4 h. 15 m. à 5 h. 30 m.: l'orage passe de l'Ouest au SE.

14, éclairs et tonnerres depuis 2 h. 30 m. à 4 h. 55 m. L'orage est parti du NO. en se dirigeant du Nord vers le Sud, puis il a traversé la vallée de l'Ouest à l'Est au Sud de l'Observatoire, en atteignant sa plus grande intensité vers 4 h. 15 m.

16, la fraction de saturation est descendue à 0,221 à 3 h. 30 m. du soir; thermomètre sec + 34°,00, thermomètre humide + 19°,20.

17, trois orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres éclatent successivement dans l'après-midi, en suivant la même direction du Sud au Nord, à l'Est de l'Observatoire; le premier de midi 30 m. à 1 h. 15 m.; le second de 1 h. 45 m. à 2 h. 15 m.; le troisième de 3 h. 30 m. à 4 h. 15 m.

25, halo solaire partiel depuis 10 h. 10 m. à 1 h. 45 m. Un orage éclate à l'Ouest à 6 h. 15 m. du soir, passe au NE., puis au SE.; on entend le tonnerre de 6 h. 15 m. à 7 h. 15 m. Un second orage éclate à l'Ouest à 9 h. 45 m. du soir; forts éclairs et tonnerres de 9 h. 45 m. à 10 h. 30 m.; l'orage passe de l'Ouest à l'Est.

26, halo solaire partiel à plusieurs reprises entre 9 h. et midi.

27, de 6 h. 15 m. à 7 h. du matin on voit les deux parhélies sur le halo ordinaire, leur éclat est parfois éblouissant.

28, éclairs et tonnerres de 6 h. à 6 h. 30 m. du matin ; l'orage suit la direction du Sud au Nord, à l'Ouest de l'Observatoire. Quelques tonnerres à l'ESE. entre 3 h. 45 m. et 4 h de l'après-midi ; l'orage passe du Sud au Nord, à l'Est de l'Observatoire : couronne lunaire dans la soirée.

29, dans l'après-midi, on a observé des oscillations très-rapides et très-considérables dans la hauteur du baromètre ; voici d'après les observations multipliées faites alors, les maxima et les minima des ondes atmosphériques qui se sont succédé : midi 0 m. $727^{mm},62$, midi 13 m. $726^{mm},57$: midi 27 m. $727^{mm},60$; 1 h. 7 m. $725^{mm},90$; 1 h 37 m. $727^{mm},30$; 3 h. 5 m. $725^{mm},20$; 3 h 28 m. $725^{mm},40$; 3 h. 37 m. $724^{mm},80$; 3 h. 39 m. $725^{mm},00$; 3 h. 41 m. $724^{mm},40$; 3 h. 44 m. $725^{mm},00$: 3 h. 45 m. $724^{mm},90$; 4 h 10 m. $726^{mm},07$; 4 h. 15 m. $725^{mm},90$; 4 h 18 m. $726^{mm},17$: 4 h. 59 m. $725^{mm},30$; 6 h. 0 m. $726^{mm},27$. Le vent était léger, mais variable, soufflant tantôt d'une direction tantôt d'une autre ; éclairs et tonnerres de midi à midi 25 m. et de 1 h. 45 m. à 2 h. La pluie tombait avec une grande violence, puisque la quantité recueillie dans 16 heures a été de 61^{mm}.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3, à 8 h. matin...	731,75	Le 1, à 6 h. soir.....	727,06
9, à 10 h. matin ...	733,52	5, à 4 h. soir.....	727,43
15, à 8 h matin ...	730,15	13, à 6 h. soir	725,30
19, à 10 h. matin..	728,54	17, à 10 h. matin ...	723,45
24, à 8 h. matin...	730,94	20, à 6 h. matin ...	722,15
31, à 8 h. soir.....	730,58	27, à 6 h. soir	720,09

GENEVE. — Aout 1863.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap Moy. des 24 h	Tension de la vap Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minimum	Fract. de saturation Maximum.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm.	mm.					mm.				o	o	pouces
1	728,40	+ 0,35	+18,29	−0,30	+12,3	+25,9	11,11	+0,36	703	+ 16	530	830	...	.	N. 1	0,41	19,4	+ 0,9	61,0
2	730,49	+ 2,45	+18,07	−0,49	+13,4	+25,3	12,51	+1,77	834	+146	490	1000	12,9	6	variable	0,48	.	....	61,0
3	730,87	+ 2,82	+19,08	+0,55	+12,0	+25,1	13,28	+2,54	792	+103	640	940	..	..	N. 1	0,02	19,9	+ 1,3	60,9
4	729,99	+ 1,94	+21,10	+2,61	+13,1	+30,9	12,48	+1,75	681	− 9	280	910	...	..	variable	0,06	19,9	+ 1,3	60,8
5	728.34	+ 0,29	+25,58	+7,13	+18,0	+32,4	11,10	+0,38	475	−216	268	630	...	..	SSO. 1	0,33	20,8	+ 2,2	60,4
6	730,40	+ 2,36	+23,71	+5,30	+17,4	+30,0	10,78	+0,07	520	−172	340	760	...	..	SSO. 1	0,10	20,8	+ 2,1	60,4
7	731,89	+ 3,86	+22,19	+3,83	+13,2	+29,5	10,95	+0,25	568	−125	340	930	...	..	N. 1	0,02	20,0	+ 1,3	60,4
8	732,16	+ 4,14	+23,11	+4,80	+14,0	+30,2	11,91	+1,22	577	−118	350	830	...	..	N. 1	0,01	21,7	+ 3,0	61,0
9	732,55	+ 4,54	+25,76	+7,50	+15,6	+34,3	11,31	+0,63	490	−207	226	790	...	..	SSO. 1	0,31	...	.....	61,0
10	731,02	+ 3,02	+24,78	+6,58	+16,9	+33,2	11,30	+0,63	525	−173	164	780	...	..	variable	0,26	21,1	+ 2,4	61,0
11	729,55	+ 1,56	+20,60	+2,46	+14,7	+27.0	12,53	+1,87	704	+ 4	440	890	0,6	1	N. 1	0,43	21,7	+ 3,0	62,0
12	727,68	− 0,30	+21,34	+3,26	+13,0	+28,5	13,01	+2,36	685	− 17	510	860	.	..	N. 1	0,03	22,0	+ 3,3	62,5
13	726,69	− 1,27	+22,42	+4,40	+14,0	+29,5	12,51	+1,88	623	− 81	410	800	...	..	N. 1	0,11	22,5	+ 3,8	63,0
14	728,16	+ 0,22	+23,20	+5,25	+17,8	+30,9	11,42	+0,81	566	−140	340	740	0,1	1	N. 1	0,29	22,9	+ 4,2	63,0
15	729,12	+ 1,20	+22,33	+4,45	+13,5	+31.0	12,05	+1.45	610	− 98	350	820	...	..	N. 1	0,02	22,7	+ 4,0	63,0
16	727,43	− 0,47	+26,38	+8,57	+16,6	+34,5	10,85	+0,27	452	−258	221	590	...	..	SSO. 1	0,37	..	... .	64,0
17	724,66	− 3,22	+20,47	+2,73	+16,3	+29,5	12,37	+1,81	718	+ 6	430	850	4,0	3	SO. 1	0,68	22,8	+ 4,1	65,0
18	725,15	− 2,71	+16,73	−0,93	+12,8	+21,9	7,92	−2,62	592	−122	320	730	...	.	SSO. 2	0,77	21,4	+ 2,7	64,0
19	728,15	+ 0,31	+14,61	−2,97	+11,1	+19,7	7,36	−3,20	616	−100	430	820	0.7	3	S. 1	0,89	17,1	− 1,6	64,5
20	724,49	− 3,33	+10,93	−6,57	+ 9,1	+15,1	7.60	−2,90	795	+ 77	590	940	11,9	10	S. 1	0,99	15,8	− 2,8	64,9
21	728,16	+ 0,36	+12,06	−5,35	+ 9,0	+17,5	7,74	−2,74	753	+ 33	540	910	1,1	2	N. 1	0,87	14,6	− 4,0	64,5
22	729,53	+ 1,76	+12,97	−4,35	+ 6,6	+18,0	6,39	−4,07	600	−122	380	960	...	..	NNE. 2	0,11	15,2	− 3,4	63,5
23	729,67	+ 1,92	+13,57	−3,66	+ 5,7	+20,2	7,50	−2,94	662	− 63	390	940	...	..	N. 1	0,03	...	.....	62,5
24	729,81	+ 2,09	+17,50	+0,36	+ 6,6	+26,5	8.01	−2,40	566	−162	270	910	.	..	SSO. 1	0,04	16.0	− 2,5	62,5
25	725,83	− 1,87	+18,89	+1,84	+ 9,9	+25,9	9,62	−0,77	605	−125	340	810	13,4	5	SSO. 2	0,67	18,5	0,0	61,0
26	724,05	− 3,62	+19,29	+2,34	+13,0	+25,2	11,16	+0,80	677	− 56	440	850	...	..	SSO 2	0,32	18,1	− 0,3	59,5
27	721,35	− 6,30	+20,45	+3,60	+14,1	+29,6	11,01	+0,68	652	− 83	230	930	. .	..	variable	0,41	17.2	− 1,2	60,0
28	722,95	− 4,67	+20,32	+3,57	+15,2	+26,1	12,43	+2,13	707	− 31	490	870	1.8	1	N. 1	0,70	17.8	− 0,6	60,0
29	726,47	− 1,12	+15,01	−1,64	+13,0	+20,7	12,93	+2,66	988	+247	940	1000	61.1	16	variable	1,00	17,9	− 0,4	60,0
30	728,06	+ 0,50	+17,25	+0,71	+11,8	+22,8	10,86	+0,62	753	+ 10	520	980	...	..	SSO. 1	0,36	...	...	61,0
31	729,89	+ 2,36	+17,75	+1,32	+10,5	+25,1	10,82	+0,61	715	− 31	520	940	...	..	SSO. 1	0,77	18,7	+ 0,5	62,0

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	731,13	731,30	731,38	730,76	730,13	729,61	729,53	730,08	730 56
2e »	727,23	727,50	727,45	727,10	726,77	726,63	726,66	727,05	727,33
3e »	727,06	727,46	727,40	727,07	726,51	726,12	726,18	726,86	727,11
Mois	728,43	728,71	728,70	728,27	727,76	727,41	727,42	727,96	728,30
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+16,39	+21,46	+23,38	+26,28	+28,12	+28,54	+25,60	+22,79	+20.71
2e »	+16,01	+19,74	+22,47	+24,56	+24,97	+23,78	+22,28	+19,67	+17,78
3e »	+12,10	+15,69	+18,77	+20,24	+21,74	+22,05	+20,22	+17,25	+15,82
Mois	+14,75	+18,86	+21,45	+23,58	+24,84	+24,70	+22,62	+19,82	+18,03
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	11,44	12,28	11,99	11,73	11,28	10,59	12,64	12,05	12,14
2e »	10,43	11.26	10.78	10,52	10,31	10,79	10,77	11,86	11,22
3e »	9,67	10,20	10,30	9,81	9,67	9,27	9,93	10,46	10,53
Mois	10,48	11,21	11,00	10,66	10,40	10,19	11,08	11,43	11,27
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	826	648	575	482	416	384	543	601	678
2e »	768	653	534	461	447	503	538	690	735
3e »	903	763	636	560	507	486	575	710	778
Mois	835	690	584	503	458	459	553	668	732

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+14,59	+29,68	0,20	20,45	12,9	60.8
2e »	+13,89	+26,76	0,46	20,99	17,3	63,6
3e »	+10,47	+23,42	0,48	17,11	77,4	61,5
Mois	+12,91	+26,52	0,38	19,48	107,6	61,9

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,77 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 77°,6 O. et son intensité est égale à 14 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1863.

Le 6, vers 9 heures du soir, éclairs répétés.
9, à 5 h du soir, éclairs et coups de tonnerre nombreux dans la direction du SO.
10, vers midi $^1/_2$, quelques coups de tonnerre dans la direction du NO.
14, à midi $^1/_2$, 4 à 5 coups de tonnerre dans la direction du SO.

SAINT-BERNARD. — AOUT 1863.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim,	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
1	569,94	+ 1.07	569,71	570.41	+ 9,63	+ 3,42	+ 8,1	+12,5	......	......	......	variable	0,43
2	570,88	+ 2,02	569,93	571.56	+ 4.42	— 1,78	+ 1,6	+ 6.8	......	11,8	4	NE. 1	0,79
3	572.03	+ 3,17	571,52	572,58	+ 8,65	+ 2,66	+ 6,6	+11.9	......	......	......	NE. 1	0,00
4	572,62	+ 3,77	572,39	573,11	+10,05	+ 3.87	+ 9.7	+13,4	......	......	......	NE. 1	0,00
5	572,38	+ 3,54	572,20	572,78	+12 55	+ 6.39	+ 8,8	+16,1	......	......	......	SO. 1	0,43
6	572,76	+ 3,93	572,58	573,27	+10,41	+ 4,27	+ 8,1	+13.8	......	......	......	NE. 1	0,16
7	573,90	+ 5,09	573,24	574,74	+10,29	+ 4,17	+ 8,6	+12.8	......	......	......	NE. 1	0,01
8	575,16	+ 6,37	574,69	575,89	+12,57	+ 6,48	+10,8	+15,8	......	......	......	SO. 1	0,20
9	576,01	+ 7,24	575.69	576.32	+12,22	+ 6,16	+ 9,1	+15 4	......	2,3	1	variable	0,57
10	574,49	+ 5,74	573,84	575,10	+10,71	+ 4 68	+ 9,0	+14,6	......	......	......	NE. 1	0,47
11	572,26	+ 3,53	572,10	572.73	+ 8,95	+ 2,95	+ 7.6	+12,0	......	......	......	NE. 2	0,56
12	570,90	+ 2,19	570 71	571,19	+10,91	+ 4,95	+ 7,8	+13.7	......	......	......	NE. 2	0,03
13	571.01	+ 2,33	570,83	571,59	+12,66	+ 6,74	+11.4	+16,4	......	......	......	NE. 1	0,42
14	572,28	+ 3,63	571.19	573,00	+10,33	+ 4,45	+ 8,2	+14,8	......	......	......	variable	0,60
15	572,96	+ 4,34	572.49	573,55	+12.10	+ 6.26	+ 8,2	+14,7	......	......	......	NE. 1	0,13
16	572,19	+ 3,60	571.27	572,91	+13,67	+ 7,88	+ 9,7	+16,9	......	......	......	variable	0,27
17	567,70	— 0,86	566,61	569,29	+ 9.20	+ 3.56	+ 5,4	+14,4	......	25 0	6	NE. 1	0,79
18	564,55	— 3,97	564,10	565,19	+ 3,31	— 2 38	— 0,4	+ 8 3	......	1.1	4	NE. 1	0,86
19	564,72	— 3,76	563,88	565 25	— 0,40	— 6,04	— 1,6	+ 1,3	......	3 6	4	NE. 1	0,89
20	560.67	— 7,76	559,74	561,87	— 1,63	— 7,21	— 2,6	— 0,5	......	25,3	6	NE. 3	0,99
21	563,90	— 4,49	561,86	565,20	— 1.90	— 7,42	— 2,5	— 0,2	......	6,2	2	NE. 3	0,98
22	566,18	— 2,17	565,38	566,97	— 1,08	— 6.54	— 2 6	+ 1,4	......	......	......	NE. 1	0,69
23	568,21	— 0,09	566,93	569,41	+ 2,95	— 2,45	— 1,2	+ 5,6	......	......	......	NE. 1	0,00
24	570,29	+ 2,04	569,67	570,67	+ 7,51	+ 2.18	+ 3,4	+11,3	......	......	......	NE. 1	0,01
25	567.97	— 0,23	566,78	569 37	+ 6,60	+ 1,33	+ 4,7	+ 9 2	......	2,2	1	SO. 1	0,59
26	566,52	— 1,63	566 17	566,78	+ 5,12	— 0,08	+ 3,9	+ 7,8	......	9,5	4	SO. 1	0,72
27	67,17	— 0,93	566,00	568,28	+ 4,30	— 0.83	+ 3.8	+ 4,8	......	8,0	4	SO. 2	1,00
28	568,79	+ 0,74	567 22	570,06	+ 5,02	— 0,03	+ 3.5	+ 6,4	......	28 7	10	SO. 2	1,00
29	568,32	+ 0,33	566 53	570,03	+ 5,86	+ 0,89	+ 5,3	+ 7,0	......	64.3	24	SO. 2	1,00
30	568,43	+ 0,50	567,06	570,12	+ 5,81	+ 0,92	+ 4,1	+ 9,2	......	28,5	6	SO. 1	0.78
31	570,21	+ 2,94	569,94	570,53	+ 6,65	+ 1,84	+ 4.9	+10,1	......	5,2	2	SO. 1	0.80

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	572,70	572,89	573,00	573,09	573,04	573,00	573,00	573,37	573,41
2e »	568,94	569,07	569,07	568,95	568,89	568,85	568,80	569,09	569,01
3e »	567,24	567,52	567,80	567,92	567,93	567,91	567,92	568,21	568,26
Mois	569,55	569,75	569,89	569,92	569,89	569,86	569,85	570,16	570,16
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade,	+ 8,78	+10,35	+11,98	+12,17	+12,67	+12,38	+11,13	+ 9,21	+ 8,96
2e »	+ 7,10	+ 8,33	+ 9,73	+10,62	+10,06	+ 8,93	+ 7,95	+ 6,67	+ 6,43
3e »	+ 2,48	+ 3,90	+ 4,66	+ 5,88	+ 6,34	+ 6,00	+ 4,92	+ 4,26	+ 4,06
Mois	+ 6,00	+ 7,41	+ 8,66	+ 9,44	+ 9,58	+ 9,00	+ 7,90	+ 6,64	+ 6,41

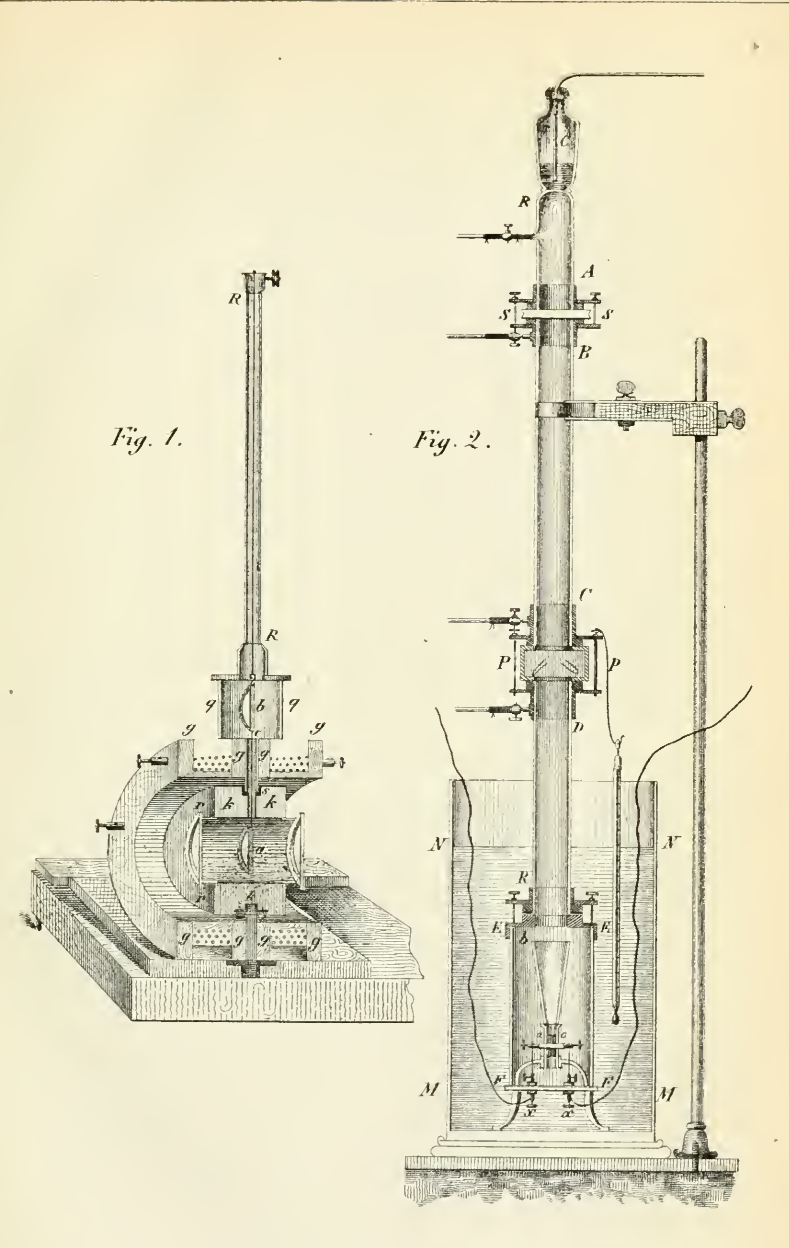
	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	+ 8,07	+13,24	0,31	14,1	—
2e »	+ 5,37	+11,21	0,55	55,0	—
3e »	+ 2,48	+ 6,60	0,69	152,6	—
Mois	+ 5,22	+10,23	0,52	221,7	—

Dans ce mois, l'air a été calme 16 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,70 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 28 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.



Lith. Kubli & Noverraz, Genève.

RAPPORT

FAIT A LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

PAR

M. LE PROF. MOUSSON

AU NOM DE LA COMMISSION MÉTÉOROLOGIQUE FÉDÉRALE.

(Séance du 24 août 1863, à Samaden.)

La question météorologique fut mise sur le tapis en 1860, à la réunion de la Société helvétique à Lugano, par la Direction fédérale de l'Intérieur. La Société nomma alors une commission de trois membres, qui, l'année suivante, à la réunion de Lausanne, en 1861, proposa, provisoirement pour trois ans, l'organisation d'un système d'observations correspondantes dans toute la Suisse, dans le but spécial de reconnaître par leur comparaison l'influence des hautes chaînes sur les phénomènes atmosphériques. La Société adopta ce projet, dans le cas où le Conseil fédéral se chargerait de pourvoir aux frais considérables qu'il entraînerait. Une commission de huit membres (MM. Plantamour à Genève, Ch. Dufour à Morges, Kopp à Neuchâtel, Wild à Berne, Wolf à Zu-

rich, F. Menn à Frauenfeld, Ferri à Mendrisio et A. Mousson à Zurich) fut chargée de la direction et de l'exécution de toute l'entreprise.

Les conditions financières étant remplies, grâce à la libéralité du Conseil fédéral et de la plupart des gouvernements cantonaux, la commission se mit à l'œuvre et s'occupa en quatre séances, tenues à Berne, des points suivants : 1° du réseau des stations et des observateurs; 2° de la nature et de la précision des instruments; 3° des conditions de leur établissement; 4° des instructions et tableaux, destinés aux observateurs; 5° enfin, des sommes à réclamer des autorités fédérales et cantonales. Au lieu de former des cercles météorologiques particuliers, la commission trouva plus simple de répartir toutes les stations entre ses huit membres, chacun se chargeant d'en organiser et d'en diriger dix à douze.

Le rapport présent ne peut être que provisoire, l'organisation des stations se trouvant encore en voie d'exécution; il n'a d'autre but que de prouver que la commission a pris sa tâche au sérieux, et de donner une idée de l'état où en sont les choses.

1° *Le réseau des stations.* — La condition que l'on a eue surtout en vue dans le choix des stations, était celle de pouvoir les comparer et les lier d'une manière naturelle. A cet effet, on les a réparties sur des lignes longitudinales et transversales aux chaînes des Alpes et du Jura, sur des lignes des hauteurs et des vallées, enfin sur des lignes longeant l'un et l'autre versants.

Le nombre des stations s'élève à 88, dont 4 sont encore un peu incertaines, et qui se répartissent de la manière suivante sur les différents cantons :

Argovie	5	Schaffhouse	2
Appenzell	1	Schwytz	3
Bâle	1	Soleure	3
Berne	10	Tessin	6
Fribourg	2	Thurgovie	2
St-Gall	4	Unterwalden	2
Genève	1	Uri	2
Glaris	2	Valais	8
Grisons	19	Vaud	7
Lucerne	1	Zug	1
Neuchâtel	3	Zurich	3

Le canton des Grisons, le plus important à cause de l'étendue et de la variété de son sol montagneux, en compte le plus grand nombre, savoir 19. En général, les points les plus intéressants sont les plus élevés, mais en revanche, ce sont ceux pour lesquels il est le plus difficile de trouver de bons observateurs. Les 88 stations se rangent, sous le rapport de leur hauteur, de la manière suivante :

200 à 400 mètres.	12	1400 à 1600 mètres.	4
400 à 600 »	26	1600 à 1800 »	4
600 à 800 »	11	1800 à 2000 »	4
800 à 1000 »	7	2000 à 2200 »	4
1000 à 1200 »	7	2200 à 2400 »	2
1200 à 1400 »	6	2400 à 2600 »	1

Peut-être deviendra-t-il possible d'organiser encore le Faulhorn à 2682 mètres.

Pour la détermination hypsométrique des stations, on est parti des points les plus rapprochés, déterminés trigonométriquement par les travaux de l'état-major fédéral, auxquels on a rattaché les stations mêmes au moyen de nivellements secondaires, dont se sont chargés les membres de la commission.

2° *Les observateurs.* — Notre entreprise, en somme, a été très-bien reçue par le public, et il n'a pas été difficile de trouver des personnes instruites et assez zélées pour se prêter, pendant trois ans, aux exigences un peu gênantes de ces observations régulières. Sans doute le choix des heures, 7 heures du matin, 1 heure et 9 heures du soir, s'adaptant parfaitement aux usages de la Suisse, a beaucoup facilité la chose, sans que pour cela le but scientifique en ait souffert, puisqu'il ne repose essentiellement que sur la comparaison des stations, ou sur des nombres relatifs.

Il est intéressant de voir comment les observateurs se rangent suivant leur vocation sociale :

Clergé :	Curés	16
	Couvents	5
Enseignement :	Professeurs	13
	Régents	13
	Observatoires	4
Corps médical :	Médecins	6
	Pharmaciens	5
Aubergistes		10
Diverses autres vocations		16

Chaque observateur a été astreint à indiquer un remplaçant en cas d'absence, et à l'instruire dans la manière de faire les observations. Les stations d'auberges, situées la plupart sur des cols élevés et par cette raison fort importantes, sont recommandées à la surveillance régulière des ingénieurs des routes ou d'autres personnes compétentes.

3° *Les instruments.* — 15 stations étaient dès l'origine à peu près organisées ; 73 ne possédaient aucun des instruments nécessaires.

La dotation complète de chaque station doit se composer :

1° D'un baromètre à vernier, donnant $^1/_{10}$ de millimètre ;

2° D'un psychromètre, formé d'un thermomètre sec et d'un second maintenu à l'état humide, tous les deux bien concordants et donnant $^1/_{10}$ de degré.

3° D'un pluviomètre, avec éprouvette de mesure, donnant $^1/_{10}$ millimètre de pluie ;

4° D'une girouette avec croix d'orientation et avec plan mobile pour l'intensité.

La commission n'ayant pas de calculateur à sa disposition, les observateurs sont tenus de faire eux-mêmes les réductions. En conséquence, ceux d'entre eux qui, par un motif quelconque, ont refusé de faire les calculs, ont été pourvus d'un simple thermomètre, au lieu d'un psychromètre. Dès l'origine, 35 stations avaient été placées dans cette catégorie, mais, depuis, plusieurs d'entre elles ont également sollicité un psychromètre.

La nature et les conditions de précision des instruments furent fixées par un cahier des charges détaillé, rédigé par M. le professeur Wild et répondant aux exigences actuelles de la science, autant que le comportait la condition tout aussi importante d'un usage facile et pratique. Chaque instrument a été comparé avant sa pose à des instruments étalons à Berne et porte un numéro qui se rapporte à un cahier, où sont transcrites les erreurs constantes qu'on a reconnues.

4° *La fourniture des instruments.* — Au lieu d'ouvrir un concours public, la commission a trouvé plus de garanties pour le travail et le contrôle à ne s'adresser qu'à un seul mécanicien, bien connu et sûr. Sous la date du 11

avril 1862, elle passa un contrat avec MM. Hermann et Studer, à Berne, lesquels s'engagèrent :

a) A fournir les instruments aux prix suivants :

Baromètre	Fr. 75-80
Psychromètre	35
Pluviomètre	25
Girouette	25
Cadran solaire	30

Ce qui porte le coût des instruments de chaque station à 195 fr. avec, et à 165 fr. sans cadran solaire.

b) A terminer une première commande de 50 baromètres, 60 psychromètres, 60 pluviomètres et 30 girouettes jusqu'à la fin de janvier 1863, et le reste jusqu'à la fin de mars ;

c) A fournir également toutes les parties accessoires en métal ;

d) A soigner personnellement le transport et la pose des instruments dans toutes les stations, moyennant le remboursement complet de tous les frais et une indemnité fixée d'avance ;

5° *L'installation des instruments.* — L'arrangement de chaque station devant se conformer aux conditions de la localité, les membres de la commission durent visiter une première fois, dans le cours de 1862, les stations qui leur étaient confiées, afin d'en constater les besoins et d'en instruire le mécanicien. Puis, en 1863, vint la pose des instruments par ce dernier, travail difficile et pénible, à cause des difficultés du transport et de l'isolement de beaucoup de stations. Enfin on convint d'une seconde visite des membres de la commission, pour s'assurer que l'installation des instruments avait été faite d'une manière satisfaisante, et pour compléter l'instruction des observateurs.

Les parties accessoires, comme cages métalliques, pièces en fer pour supports, vis et écrous, etc., ont été fournies par la commission ; les pièces de bois, par contre, les mâts, pieux, planchettes, etc., furent, sur une invitation spéciale des gouvernements, réclamés des communes respectives, qui, à peu d'exceptions près, n'ont pas refusé cette faible participation.

Nulle partie de l'entreprise n'a présenté plus de difficultés que l'établissement convenable des instruments, eu égard aux influences perturbatrices. Des changements et tâtonnements étaient inévitables ; cependant la commission espère être parvenue, pour la plupart des stations, à un état satisfaisant. Dès la fin d'août, 68 stations étaient organisées, grâce à l'activité de MM. les mécaniciens. Les 20 dernières, appartenant aux petits cantons et au Tessin, doivent l'être dans le cours de septembre. Il est donc certain, qu'à peu d'exceptions près, les observations préparatoires pourront commencer en octobre et les définitives en décembre, conformément au programme primitif.

6° *Détermination du temps.* — Les phénomènes météorologiques journaliers dépendant de la marche du soleil, il était naturel de régler dans chaque station les heures d'observations sur le temps moyen du lieu. Dans les localités pourvues de bureaux télégraphiques, qui tous marchent sur le temps moyen de Berne, il a suffi de communiquer une fois pour toutes aux observateurs la différence constante de leur station dans un sens, ou dans l'autre. Les stations tout à fait isolées ont, par contre, reçu un cadran solaire, divisé de 2 en 2 minutes, avec une table, pour transformer le temps vrai en temps moyen. Enfin, en quelques points, on tâchera d'utiliser

les montres des employés de la poste, lesquelles sont réglées sur le temps télégraphique.

7° *Les instructions et tableaux.* — La commission a rédigé et fait imprimer dans les deux langues deux sortes d'instructions. Les premières contiennent tout ce qui se rapporte à l'exécution des observations et au maniement des instruments ; les secondes indiquent la manière de faire toutes les réductions, avec le secours de cinq tables nouvellement calculées. Les observations originales se transcrivent dans un premier tableau, les observations calculées et réduites dans un second.

En toute chose, la commission a eu en vue de réunir à l'exactitude scientifique que comporte la nature des observations, la plus grande clarté et simplicité. Sous ce rapport, elle croit avoir mieux réussi que dans plusieurs autres pays et avoir réduit les calculs, surtout ceux de l'humidité absolue et relative, à leur expression la plus simple, au moyen de plusieurs nouvelles tables. Il paraît constaté que la plupart des observateurs s'acquitteront en quelques minutes et sans difficulté des réductions de chaque jour.

8° *Les stations principales.* — Le point relatif à l'organisation de deux stations centrales, à indications continues, est le plus en retard, attendu qu'aucun des systèmes admis ailleurs ne semblait bien s'adapter aux conditions de notre pays. M. Wild s'est occupé activement d'appareils, traçant des courbes au moyen d'une série de points, que dessine, de dix en dix minutes, un mouvement télégraphique réglé par un chronomètre. Le problème semble résolu pour le baromètre, le thermomètre, la girouette et le pluviomètre ; maintenant, il s'agit de combiner ces instruments de manière à obtenir leurs courbes correspon-

dantes sur une même bande de papier, ce qui simplifierait singulièrement l'usage ultérieur de ces indications.

Si cette tentative réussit, Berne formera naturellement l'une des stations principales. Quant à la station élevée, il a fallu renoncer au Faulhorn, qui présente trop de difficultés, et on reviendra à l'idée primitive de choisir le St-Gothard. Peut-être d'autres points, Genève, Zurich, etc., s'organiseront-ils également.

9° *Les observations de termes.* — Dans son premier programme, la commission avait proposé de fixer deux jours de l'année, où dans toutes les stations se feraient des lectures horaires des instruments pendant vingt-quatre heures. Pour le moment, elle a dû, bien à regret, abandonner cette idée, parce qu'elle présentait dans l'exécution trop de difficultés et par conséquent peu de chances de réussite.

Une certaine compensation se trouve dans le fait que pour deux stations élevées et pour deux stations basses on possédera des observations régulières bihoraires. Elles se font par les soins de M. Plantamour, depuis bien des années, à Genève et au St-Bernard, Berne y supplée par ses appareils continus, enfin on a réussi à organiser de la même manière la haute station du Simplon.

10° *Les ressources financières.* — La comptabilité de l'entreprise ne pourra être réglée que vers la fin de l'année, lorsque tous les travaux seront terminés. Pour le moment, la commission doit se contenter d'indiquer les sommes sur lesquelles en définitive elle espère pouvoir compter pour faire face à ses dépenses très-considérables :

1° Subvention du Conseil fédéral, sanctionnée par les Chambres, deux années,

1862 et 1863, à 8000 fr.	Fr. 16,000
2° Contributions volontaires accordées par les gouvernements de tous les cantons, à l'exception d'Uri, Unterwalden et Fribourg (Bâle et Genève ne sont pas dans le cas de le faire).....................	» 7,200
3° Quelques particuliers et corporations	» 3,000
	Fr. 26,200

Il est à espérer que cette somme suffira pour couvrir les frais de la confection et de la pose des instruments, des voyages du mécanicien, des visites des stations, de l'impression des instructions et tableaux, des frais très-étendus de correspondance, etc., bref, pour payer entièrement l'organisation de l'entreprise.

11° *Mesures ultérieures.* — L'établissement des stations une fois terminé, la commission aura à régler ses comptes d'une part avec MM. les mécaniciens, de l'autre avec le Conseil fédéral et les gouvernements cantonaux.

Restera encore à statuer sur le sort ultérieur des observations. A cet égard, la commission a sollicité du Conseil fédéral : 1° un local convenable dans le Palais fédéral servant d'archives météorologiques, et 2° la continuation de la subvention de 8000 fr., dont l'entreprise météorologique a joui en 1862 et 1863, à l'effet de subvenir à la publication d'au moins une partie des observations ou de leurs moyennes, de payer un employé météorologique, attaché aux archives, enfin de pourvoir aux frais ultérieurs de l'entretien et de la surveillance des stations.

Ces différents points seront traités dans une dernière réunion de la commission, qui se tiendra en octobre à Berne.

ÉTUDE SUR LA

THÉORIE DE LA DOUBLE RÉFRACTION

PAR

M. CH. GALOPIN.

(Extrait lu le 6 Août à la Société de Physique.)

La théorie mathématique de la lumière dans le système des ondulations, créée par le génie de Fresnel, perfectionnée par les travaux de plusieurs géomètres et physiciens, est encore loin de constituer un corps de doctrine complet, et bien des années s'écouleront probablement encore avant qu'on puisse la regarder comme définitivement assise. Aussi n'avons-nous pas eu d'autre but, dans le travail dont nous présentons ici le résumé, que de grouper d'une manière rationnelle les développements qui se rattachent à la double réfraction, en réunissant les matériaux épars dans divers ouvrages ou mémoires, et faisant disparaître les contradictions qui se manifestent quelquefois entre les auteurs.

Avant d'entrer en matière il importe de rappeler brièvement les principes sur lesquels Fresnel a appuyé sa théorie de la réfraction double. Les travaux de ce physicien ont fait faire un pas immense à la science; toutefois ils sont loin de présenter une rigueur mathématique absolue. Fresnel admet en effet un certain nombre d'hypo-

thèses fondamentales, dont les unes sont contestables, tandis que d'autres peuvent être considérées comme des résultats de l'expérience. Ces hypothèses peuvent se réduire aux six qui suivent :

1° Les vibrations lumineuses sont transversales et non longitudinales, à l'opposé des vibrations sonores ; c'est ce que démontrent la non-interférence des rayons polarisés à angle droit, et l'existence même de la polarisation.

2° Les actions mutuelles des molécules qui forment le milieu vibrant sont d'inégale intensité dans les diverses directions autour d'un point ; c'est ce que montre la cristallographie.

3° Dans toutes les directions l'élasticité varie de la même manière avec la distance des molécules ; de là Fresnel déduit que dans la propagation d'ondes planes la force élastique résultant du déplacement des molécules ne dépend que de la direction de ce déplacement et non de celle du plan des ondes ; cette hypothèse est contraire à celle qui sert de base aux travaux de Cauchy dans les *Exercices mathématiques* ; nous y reviendrons plus loin et nous verrons que la manière de voir de Fresnel est confirmée par les phénomènes.

4° Dans toute l'étendue d'un cristal l'élasticité varie de la même manière avec la direction ; cette supposition limite les résultats de la théorie aux corps que l'on peut appeler *uniformément hétérogènes*, catégorie qui semble comprendre, en effet, toutes les substances cristallisées.

5° La vitesse de propagation des ondes planes est proportionnelle à la racine carrée de l'élasticité développée par le déplacement des molécules ; c'est ce que Fresnel admet par suite d'une analogie qu'il établit entre le mouvement ondulatoire de la lumière et ceux du pendule et des cordes vibrantes.

6° Les forces élastiques développées par des déplacements très-petits sont proportionnelles à ces déplacements. — En partant des principes ci-dessus, Fresnel établit analytiquement l'existence dans tous les cristaux de trois axes d'élasticité, seules directions dans lesquelles un déplacement moléculaire donne lieu à une force élastique dirigée suivant la même droite ; il en déduit l'expression de la vitesse de propagation d'un déplacement en fonction de 3 constantes a, b, c et de la direction du mouvement; puis il montre que toute onde plane polarisée donnera lieu à deux mouvements vibratoires de directions rectangulaires dont il trouve les vitesses de propagation en fonction de ces mêmes constantes et de la direction du plan de l'onde. Là se sont arrêtés ses calculs ; il a bien indiqué comment on pouvait trouver l'équation de la surface des ondes lumineuses, mais les éliminations laborieuses nécessitées par cette recherche ont été opérées pour la première fois par Ampère.

Dans l'étude qui suit nous avons regardé avec Cauchy le mouvement de la lumière comme un cas particulier du mouvement d'un système de molécules très-peu écartées de leur position d'équilibre et sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelles. Les équations de ce mouvement général, leur intégration et leurs conséquences immédiates doivent donc nous occuper d'abord ; puis nous en ferons l'application au cas spécial des ondes lumineuses. Nous n'admettons d'ailleurs dès l'entrée que les deux premières des six hypothèses de Fresnel ; on peut en effet les regarder comme suffisamment justifiées.

I. *Equations différentielles du mouvement.*

Nous arrivons en suivant la marche de Cauchy dans ses *Exercices mathématiques*, à 3 équations aux différences partielles entre les projections du déplacement moléculaire sur les axes, projections qui dépendent du temps et des 3 coordonnées de la molécule. Ces équations qui, grâce à l'emploi de caractéristiques convenables, peuvent s'écrire sous une forme assez commode, se simplifient encore dans les trois cas particuliers qui suivent. 1° Si dans l'état d'équilibre les molécules du milieu vibrant sont deux à deux de masses égales et symétriques par rapport à la molécule considérée, un certain nombre de termes s'évanouissent dans les équations. 2° Si les molécules sont symétriques par rapport à trois plans rectangulaires, dont les intersections seront appelées *axes d'élasticité*, et qu'on prenne ces axes pour axes coordonnés, un plus grand nombre de termes disparaîtra encore. Il faut remarquer que cette hypothèse entraîne la première et qu'elle doit être réalisée dans les corps cristallisés, comme l'a remarqué M. Billet (*Optique physique*). En effet, le verre comprimé dans un sens devient uniaxe, et un cristal uniaxe comprimé perpendiculairement à son axe devient biaxe; la double réfraction à deux axes est donc la suite d'une action matérielle qui a pour effet de modifier l'arrangement naturel des molécules de manière à les disposer symétriquement par rapport à 3 plans rectangulaires. Quant aux corps uniaxes, on peut aussi les regarder comme possédant 3 axes d'élasticité, dont un seul est déterminé de position, les autres étant perpendiculaires entre eux et au premier, mais

d'ailleurs quelconques. 3° Si l'expression qui représente l'action mutuelle de deux molécules en fonction de leur distance devient sensiblement nulle dès que cette distance n'est plus très-petite, on pourra regarder comme négligeables les puissances de cette distance supérieures au carré; les équations qui avaient un nombre infini de termes se réduisent en combinant cette hypothèse avec la précédente à des équations différentielles du 2me ordre linéaires et homogènes. Nous nous occupons d'abord d'intégrer les équations les plus générales; puis nous introduirons dans les résultats les deux dernières hypothèses que nous venons de mentionner.

II. *Intégration des équations du mouvement.*

Il y a quelque avantage à intégrer d'abord ces équations dans le cas particulier où les 4 variables indépendantes, savoir le temps et les 3 coordonnées, sont réduites à deux : c'est ce qui arrive lorsque les déplacements sont les mêmes pour tous les points qui sont à la même distance d'un plan fixe mené par l'origine ; la distance à ce plan désignée par r sera avec le temps t la seule variable dont dépendent les déplacements cherchés. Ce cas d'un mouvement par ondes planes est d'ailleurs le seul qui, dans l'état actuel de la science, puisse conduire aux constructions relatives aux rayons lumineux ; aussi Cauchy l'a-t-il traité avec étendue dans les *Exercices*. L'intégration des équations différentielles s'effectue sans peine par la méthode ordinaire et donne pour les déplacements des intégrales doubles contenant dans leur expression une quantité s^2 que détermine une équation du 3e degré, et 3 cosinus α, β, γ, liés à s^2 par 3 autres

équations. L'équation du 3e degré est celle qui détermine les grandeurs des axes d'une surface du 2e degré, et les équations en α, β, γ sont celles qui font connaître les directions de ces axes. Quand l'équation en s^2 a deux ou trois racines égales, les intégrales deviennent plus simples. Ces intégrales montrent d'ailleurs que le mouvement des molécules est la superposition d'une infinité de *mouvements simples* dont les propriétés ont été étudiées avec soin par Cauchy. On peut ensuite introduire dans les résultats l'hypothèse des trois axes d'élasticité, et si de plus le milieu est uniaxe ou homogène (c'est-à-dire monoréfringent), on trouve certaines relations entre les coefficients constants des équations. Mais si l'on joint à l'hypothèse des 3 axes d'élasticité celle qui permet de négliger les puissances de la distance moléculaire et qui équivaut pour la lumière à négliger la dispersion, l'équation du 3e degré en s^2 devient homogène par rapport à s et à λ, indéterminée dont s dépend, de sorte qu'en posant $\frac{s}{\lambda} = \omega$, cette équation prend la forme suivante qui joue un rôle important dans notre étude : $(G' - \omega^2)(H' - \omega^2)(I' - \omega^2) - G^2 (G' - \omega^2) - H^2 (H' - \omega^2) - J^2 (I' - \omega) + 2\,G\,H\,J = 0$, les coefficients G', H', I', G, H, J dépendant de la constitution du milieu et de la direction du plan des ondes. Les racines de cette équation sont les inverses des carrés des demi-axes d'une surface du 2e degré qui pourra être regardée ici comme un ellipsoïde ; donc les racines de cette équation sont positives, ce qui permet d'effectuer les intégrations indiquées dans les valeurs des déplacements. Quand le milieu vibrant présente la même élasticité en tous sens autour de chaque point, c'est-à-dire quand il est monoréfringent, l'ellipsoïde dont on vient de parler sera de révolution, et aura son équateur dans le plan de l'onde.

Nous passons ensuite aux équations différentielles générales à 4 variables, et nous les intégrons en suivant la même marche que pour les équations à 2 variables. Les formules auxquelles on parvient sont analogues, mais plus compliquées, comme on pouvait le prévoir. Les intégrales générales qui donnent les valeurs des déplacements moléculaires ne sont plus doubles, mais sextuples. Toutefois elles peuvent, lorsqu'on admet 3 axes d'élasticité et qu'on néglige les puissances de la distance se ramener à des intégrales triples par des transformations dues à M. Blanchet. Enfin les relations qui existent entre les coefficients constants dans les milieux uniaxes ou homogènes sont les mêmes que ci-dessus.

III. *Propagation de l'ébranlement.*

Il s'agit de trouver comment se propage le mouvement vibratoire étudié dans ce qui précède, lorsque l'ébranlement primitif n'occupe qu'un espace circonscrit. Il faut alors distinguer de nouveau le cas où l'on n'a que deux variables indépendantes du cas général où il y en a quatre.

Lorsqu'il n'y a de variables indépendantes que t et r, on supposera que l'ébranlement initial était renfermé entre deux plans parallèles à $r=o$, occupant ainsi une tranche aussi mince que l'on voudra. Les intégrales de ce cas montrent alors que chaque point de l'espace est soumis successivement à trois vibrations ayant lieu suivant 3 directions rectangulaires et se propageant avec des vitesses généralement différentes; en d'autres termes, 3 systèmes d'ondes planes parallèles et polarisées se propagent de chaque côté de la tranche primitivement ébranlée. Les 3 valeurs de ω^2 données par l'équa-

tion ci-dessus sont les carrés des trois vitesses de propagation, et les valeurs correspondantes de α, β, γ, déterminent les directions des vibrations; en d'autres termes l'ellipsoïde dont il a été question fournit par les grandeurs et les directions de ses axes, les vitesses de propagation et les directions des vibrations. Quand le milieu est homogène et que l'ellipsoïde est de révolution, deux des axes sont égaux et situés dans le plan de l'onde; donc deux des trois vibrations, et ce sont les vibrations lumineuses, sont perpendiculaires à la propagation; il devra en être à très-peu près de même dans tous les cristaux puisqu'il n'en existe point qui diffère beaucoup des corps monoréfringents.

Quant aux intégrales des équations à 4 variables, elles ont été discutées par M. Blanchet qui en a tiré les conclusions suivantes : le mouvement, limité d'abord dans une certaine portion de l'espace, se propage par une onde à 3 nappes, et au bout d'un certain temps les vibrations des points qui se trouvent sur un même rayon vecteur dans les trois nappes sont dirigées suivant 3 droites rectangulaires, tandis que dans une même nappe les vibrationsdes points situés sur un même rayon vecteur restent parallèles entre elles pendant la propagation; en d'autres termes, le mouvement finit par être polarisé.

Avant d'aborder ce qui regarde spécialement les ondes lumineuses, remarquons qu'il pourrait sembler plus rationnel de considérer non pas un système unique de molécules, mais deux systèmes qui se pénètrent, l'un représentant le fluide éthéré contenu dans un corps et l'autre les molécules mêmes de ce corps. Or Cauchy a aussi étudié le mouvement vibratoire dans ces conditions, et il a trouvé qu'en supposant les molécules d'éther très-

supérieures en nombre, mais bien inférieures en masse à celles du milieu qui les contient, on pourrait négliger les déplacements de ces dernières et arriver ainsi aux mêmes résultats que ceux indiqués ci-dessus.

IV. *Réduction au second degré de l'équation des vitesses et surface des ondes lumineuses.*

L'équation en ω^2 indiquée plus haut donne pour le carré de la vitesse de propagation des ondes planes trois valeurs dont deux seulement appartiennent à la lumière ; il importe donc de la réduire à une équation du second degré en ω^2 qui ne donnerait que ces deux dernières valeurs.

Cauchy y est parvenu dans ses *Exercices mathématiques* par une analyse détaillée qui le conduit à une équation de même forme que celle donnée par Fresnel, mais dont il résulterait que les vibrations sont parallèles et non perpendiculaires au plan de polarisation. Or c'est cette dernière hypothèse qui nous paraît conforme à l'expérience ; comme l'a remarqué M. Moigno, quand des ondes planes arrivent à la surface de séparation de deux milieux monoréfringents, avec des vibrations parallèles à cette surface, et par conséquent aux traces des ondes sur la surface, ces vibrations ne peuvent donner naissance dans les ondes réfléchies et réfractées, qu'à d'autres vibrations transversales qui leur sont parallèles ; cela posé, si le rayon réfléchi pouvait s'évanouir pour une certaine incidence, le rayon réfracté devrait, en vertu de la continuité du mouvement, ne différer en rien de l'incident par sa direction et sa nature ; c'est ce qui n'a jamais lieu tant que l'indice de réfraction est différent de 1 ; donc tout

rayon incident à vibrations perpendiculaires au plan d'incidence ne disparaît jamais par réflexion, et par conséquent est *polarisé dans le plan d'incidence*. Ce raisonnement infirme la méthode de Cauchy qui ne lui permet d'arriver à l'équation connue des vitesses qu'en supposant nuls certains coefficients constants. Mais Cauchy lui-même a abandonné plus tard cette manière de voir en indiquant dans les *Mémoires de l'Académie* une marche qui conduit à un résultat identique avec celui de Fresnel ; toutefois il n'y a pas mis une rigueur suffisante et c'est à quoi nous avons voulu suppléer dans la méthode que nous allons brièvement exposer.

Admettant avec Fresnel que les vibrations sont perpendiculaires au plan de polarisation, ou, ce qui est la même chose, que la vitesse de propagation est la même quand les vibrations ont la même direction (car l'expérience montre que la vitesse de propagation est la même pour des ondes planes polarisées suivant un même plan coordonné), nous déduirons de là certaines relations entre les neuf coefficients A, B, C, L, M, N, P, Q, R, qui entrent avec les angles déterminant le plan des ondes dans les valeurs de G' H I', G H I.

Ces relations s'expriment par :

$$C+Q=B+R=a^2,\ A+R=C+P=b^2,\ B+P=A+Q=c^2,$$

a, b, c étant les vitesses de propagation des ondes parallèles à chaque plan coordonné. Puis le fait que les rayons dont le plan d'incidence se confond avec un des plans coordonnés donnent dans la double réfraction biaxe les mêmes résultats que ceux auxquels conduit la construction connue d'Huyghens pour les corps uniaxes, nous fournit trois nouvelles relations :

$$(M-P)(N-P)=4P^2,(L-Q)(N-Q)=4Q^2,(L-R)(M-R)=4R^2$$

En regardant comme infiniment petites du premier ordre les différences entre les vitesses a, b, c, vitesses égales dans les corps monoréfringents, et en négligeant les infiniment petits du second ordre, ces dernières relations peuvent s'écrire :

$$L+A=\frac{2RQ}{P}+a^2,\ M+B=\frac{2PR}{Q}+b^2,\ N+C=\frac{2PQ}{R}+c^2$$

et réduisent l'équation du troisième degré en ω^2 à la forme plus simple :

$$\frac{2RQ\operatorname{Cos}^2 l}{P(\omega^2-a^2)}+\frac{2PR\operatorname{Cos}^2 m}{Q(\omega^2-b^2)}+\frac{2PQ\operatorname{Cos}^2 n}{R(\omega^2-c^2)}=1,$$

l, m, n, étant les angles de la normale à l'onde avec les axes. Nous démontrons ensuite que pour donner les 2 valeurs de ω^2 relatives à la lumière et qui diffèrent très-peu de a^2, b^2, c^2, cette équation doit être réduite à :

$$\frac{\operatorname{Cos}^2 l}{P(\omega^2-a^2)}+\frac{\operatorname{Cos}^2 m}{Q(\omega^2-b^2)}+\frac{\operatorname{Cos}^2 n}{R(\omega^2-c^2)}=0$$

qui est du second degré en ω^2. Enfin les racines de cette dernière ne diffèrent que par des infiniment petits du second ordre des racines de la suivante

$$\frac{\operatorname{Cos}^2 l}{\omega^2-a^2}+\frac{\operatorname{Cos}^2 m}{\omega^2-b^2}+\frac{\operatorname{Cos}^2 n}{\omega^2-c^2}=0,$$

c'est l'équation trouvée par Fresnel.

En y regardant ω comme le rayon vecteur aux angles l, m, n, cette équation représente une surface dite d'*élasticité* qui peut se construire en portant à partir de l'origine sur la normale à l'onde plane deux longueurs inverses aux demi-axes de la section faite par ce plan dans l'ellipsoïde $a^2x^2+b^2y^2+c^2z^2=1$ (*Annales de chimie*, 34. Note de M. Beer.)

De la surface d'élasticité on déduit celle des ondes lumineuses qui se produisent quand un point d'un milieu biréfringent se trouve ébranlé ; toute onde plane passant par ce point serait au bout de l'unité de temps transportée parallèlement à elle-même à une distance ω que nous savons obtenir et tangentiellement à la surface cherchée ; cette surface est donc l'enveloppe des plans analogues à celui qu'on vient de considérer. Deux méthodes principales conduisent le plus rapidement à l'équation de la surface des ondes ; l'une analytique due à M. de Sénarmont, l'autre géométrique que j'ai donnée en 1858 et qui est une modification de celle qu'indique M. Plucker dans le *Journal de Crelle*, tome XIX. Cette équation est en coordonnées polaires :

$$\frac{a^2 \operatorname{Cos}^2 \varphi}{r^2 - a^2} + \frac{b^2 \operatorname{Cos}^2 \chi}{r^2 - b^2} + \frac{c^2 \operatorname{Cos}^2 \psi}{r^2 - c^2} = 0$$

et en coordonnées rectangulaires :

$$\frac{a^2 x^2}{x^2 + y^2 + z^2 - a^2} + \frac{b^2 y^2}{x^2 + y^2 + z^2 - b^2} + \frac{c^2 z^2}{x^2 + y^2 + z^2 - c^2} = 0,$$

Les deux méthodes servent aussi indifféremment pour trouver la direction de la vibration qui, pour chaque rayon vecteur de la surface des ondes, est la projection de ce rayon sur le plan de l'onde. Cela revient à dire que les vibrations sont perpendiculaires au plan de polarisation, comme le montre la position de ce plan dans les cristaux uniaxes.

V. *Propriétés de la surface des ondes lumineuses et phénomènes de la double réfraction.*

Ces propriétés ont été étudiées par plusieurs auteurs,

tels que MM. Pluker, de Sénarmont, Lamé ; je ne signalerai ici que quelques points qu'ils n'ont pas traités d'une manière explicite.

1° La surface des ondes est en étroite relation non-seulement avec la surface d'élasticité, mais avec 6 autres surfaces dont deux ellipsoïdes ;

$$a^2 x^2 + b^2 y^2 + c^2 z^2 = 1 \quad \text{et} \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1,$$

et la considération simultanée de ces 8 surfaces facilite la découverte de leurs propriétés. Quatre d'entre elles sont à 2 nappes et se construisent au moyen des 4 autres qui sont à une nappe par un procédé semblable à celui qui a été indiqué pour la surface d'élasticité. Cette dernière est coupée par chaque plan coordonné suivant un cercle et une courbe de quatrième ordre qui pourrait être rentrante, mais qui est convexe quand a^2, b^2, c^2 diffèrent peu entre eux, comme c'est le cas dans tous les cristaux connus. Une autre des surfaces considérées, nommée par Hamilton *surface de l'onde lente*, est polaire de la surface des ondes par rapport à une sphère de rayon 1, tandis qu'elle est liée à la surface d'élasticité par le fait que leurs points en ligne droite avec le centre sont conjugués.

2° Les sections circulaires du premier ellipsoïde donnent dans la surface d'élasticité des points communs aux deux nappes, distants du centre de b ; ce sont des ombilics ou points singuliers, c'est-à-dire que chacun est le point de contact d'une infinité de plans tangents. Les mêmes rayons vecteurs aboutissent dans la surface polaire des ondes à 4 ombilics distants du centre de $\frac{1}{b}$; à ces points répondront dans la surface des ondes des plans singuliers ou plans tangents en une infinité de points,

disposés en cercle ; de là le phénomène de la réfraction cylindrique, ou conique intérieure, découverte par Hamilton. De même les sections circulaires du second ellipsoïde donnent dans la surface des ondes 4 ombilics distants du centre de b; de là la réfraction conique extérieure; les droites qui joignent ces ombilics au centre sont les axes optiques, tandis que les droites perpendiculaires aux plans singuliers s'appelleront axes de réfraction conique ; les uns et les autres sont dans le plan xz des axes de plus grande et de plus petite élasticité.

3° On sait que lorsque des ondes planes sont perpendiculaires à un des plans coordonnés, un des rayons devient ordinaire et suit la loi de Descartes ; pour les ondes perpendiculaires aux xy, c'est la nappe intérieure qui donne le rayon ordinaire ; pour les ondes perpendiculaires aux yz, c'est l'extérieure ; pour les ondes perpendiculaire aux xz ce sera l'une ou l'autre suivant que la normale à l'onde se trouve dans l'angle des axes de réfraction conique qui comprend l'axe des z ou dans celui qui comprend l'axe des x. Pour des ondes de toute autre direction il n'y a plus proprement de rayon ordinaire ; mais on pourra pour l'ensemble de la surface des ondes appeler nappe ordinaire celle qui offre pour le rayon les moins grandes variations de vitesse ; par suite, la nappe intérieure sera ordinaire si l'axe des x se trouve dans l'angle aigu des axes de réfraction conique, condition qui revient analytiquement à $b^2-c^2 < a^2-b^2$; par analogie avec les cristaux uniaxes qui sont négatifs quand $b=c$, on appellera négatifs les cristaux biaxes où

$$b^2-c^2<a^2-b^2$$

et positifs ceux dans lesquels

$$b^2-c^2>a^2-b^2$$

QUARANTE-SEPTIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

réunie à Samaden les 24, 25 et 26 Août 1863.

La Société helvétique des sciences naturelles a tenu cette année sa 47e session à Samaden, dans la Haute-Engadine (canton des Grisons). Le vif intérêt que présente sous tant de rapports cette contrée alpestre, la cordiale réception à laquelle s'est associée toute la population, le nombre inespéré de membres réunis malgré la distance, l'entrain et la bonne harmonie qui ont régné pendant toute la fête, tout en un mot s'est rencontré pour faire de cette session une des plus intéressantes que nous ayons eue. Elle laissera des souvenirs ineffaçables dans l'esprit de tous ceux qui ont eu le bonheur d'y assister.

C'est un charmant spectacle que celui qui s'offre au voyageur lorsque, quittant les âpres solitudes du Juliers, il voit presque subitement au-dessous de lui le lac tranquille de Silva Plana entouré de ses magnifiques forêts de mélèzes et d'aroles, dominées par de hautes et pittoresques cimes. Tous les baigneurs de Saint-Moritz et tous les touristes qui ont pénétré dans l'Engadine par

une belle journée ont dû être frappés du caractère exceptionnel de ce paysage à la fois sévère et gracieux; mais ce qu'ils n'ont pas vu, c'est l'apparence de cette vallée le soir du 23 août et les jours suivants. Partout, sur le passage de la diligence et de ses nombreux suppléments, on voyait des témoignages de la sympathie générale, verdure, guirlandes, inscriptions, maisons pavoisées. A Samaden la foule était plus grande encore, et c'est aux sons d'une musique locale que nous trouvâmes nos hôtes empressés à nous recevoir chez eux.

Ces manifestations extérieures sont en général réservées en Suisse aux sociétés nombreuses, et dans nos villes elles s'allieraient mal avec la nature de la Société helvétique des sciences naturelles. Dans ce pays alpestre et primitif, elles étaient le résultat naturel d'une sympathie intelligente. Partout on voyait sur les figures l'expression d'une bienveillante hospitalité et un sourire de bienvenue. Cette vieille nationalité romantsche, qui forme une individualité si marquée dans la famille helvétique, paraissait heureuse et fière de recevoir des concitoyens associés pour un but noble et utile.

S'il y a un reproche à faire à la réunion de Samaden, c'est que la Société, entraînée par la beauté pittoresque du pays, a peut-être cédé un peu trop au plaisir de parcourir tant de localités intéressantes et n'a pas consacré aux séances scientifiques une partie très-considérable des trois jours qui sont fixés pour la durée de la session. C'est un précédent qui offrirait peut-être quelque danger si la position n'avait pas été toute exceptionnelle. Les points les plus intéressants de la vallée ne peuvent

être visités qu'en y consacrant une partie notable de la journée, et certes, personne ne regrettera le temps qui y a été employé. On verra plus loin que, malgré cela, bien des communications intéressantes ont été faites, et d'ailleurs il y a souvent moins d'instruction à recueillir dans les séances officielles que dans des conversations amicales sur le bord d'un glacier, ou dans des discussions suggérées par un des phénomènes naturels si abondants dans toute la vallée.

Voici en quelques mots comment le temps de la Société a été employé :

Le dimanche soir, 23 août, presque tous les membres étaient arrivés et ont été reçus dans la belle et hospitalière maison de notre président, M. de Planta, membre du Conseil national. La plupart des cantons y étaient représentés par leurs hommes les plus éminents et, outre cela, plusieurs étrangers de mérite étaient venus partager nos travaux et nos plaisirs. Nous pouvons citer parmi les Français M. le professeur Martins, de Montpellier; parmi les Allemands, les professeurs de Siebold, Clausius, Wisliszenus, etc. ; parmi les Italiens, les professeurs Filippi, Omboni et Stadler, l'abbé Stoppani, etc.

Le lundi, la journée a commencé par une séance matinale du comité. La séance générale a eu lieu à 9 heures dans l'église de Samaden, décorée de fleurs, d'inscriptions et de drapeaux. Le président a lu un discours remarquable sur le rôle scientifique de l'Engadine, exercé principalement par les hommes intelligents de cette contrée, qui ont rempli des fonctions diverses dans les pays voisins. Nous espérons pouvoir en donner un extrait à nos lecteurs. Nous passons sous silence diverses déci-

sions administratives de peu d'importance, que l'on a eu l'heureuse idée d'abréger autant que possible. La seule qui mérite d'être mentionnée ici est la fixation de la session prochaine à Zurich, sous la présidence de M. le professeur Heer.

M. le professeur Studer a fait ensuite un rapport sur les travaux de la commission chargée de la carte géologique de la Suisse. On sait que la grande et belle carte de l'État-major, publiée sous la direction du général Dufour, a été adoptée comme base. Une première feuille ne tardera pas à être livrée au public; c'est précisément celle qui contient une partie des Grisons; elle résulte des travaux de M. le professeur Théobald, de Coire. M. Studer a rappelé brièvement les autres études qui se poursuivent soit dans le Jura soit dans les montagnes situées entre le canton de Fribourg et le canton de Berne.

M. le professeur Mousson a donné des détails intéressants sur l'établissement des stations météorologiques. Nous devons à l'obligeance du savant professeur de pouvoir reproduire in extenso ce document important. (Voyez *Archives*, p. 121.)

La séance a été close après une communication scientifique de M. le professeur Vogt, sur laquelle nous reviendrons en traitant plus bas des travaux de la société.

Le dîner a eu lieu dans la maison Planta; il a été nombreux et animé, suivant l'usage, par plusieurs discours et toasts. Immédiatement après, les membres, en sortant de table, ont trouvé devant la maison quarante à cinquante petites voitures, généreusement mises à leur disposition pour aller visiter le glacier du Morteratsch et le groupe de la Bernina. Cette longue et joyeuse ligne

a traversé le beau village de Pontresina décoré et en fête comme les autres. Arrivés près du glacier, tous ont mis pied à terre ; les uns sont montés jusqu'à la partie supérieure, d'autres se sont bornés à admirer la belle voute qui le termine. Quelques pas faits de l'autre côté de la vallée sur la nouvelle route qui conduit à Poschiavo ont permis de juger encore mieux de l'effet imposant de ces cimes neigeuses. Le temps était splendide, sans un seul nuage ; ce serait sortir de notre mandat que de décrire ces magnifiques points de vue. Le retour ne s'est fait que vers la nuit et le reste de la soirée s'est passé à l'hôtel de la Bernina à Samaden.

Le lendemain a été consacré aux travaux des sections. Trois d'entre elles se sont réunies à Samaden à 8 heures : celle de géologie sous la présidence du professeur Merian dans la salle de la justice ; celle de zoologie et botanique, sous la présidence du professeur de Siebold, dans la grande salle de l'hôtel du Piz Ot ; et celle de physique et chimie, sous la présidence du professeur Clausius, dans une des salles de l'hôtel Bernina. Quant à la section de médecine, elle s'est tenue aux bains de St-Moritz où tous ses membres étaient logés.

A midi, les mêmes voitures que la veille se sont mises à la disposition des invités pour aller aux bains de St-Moritz où le comité des actionnaires avait fait préparer un magnifique repas offert à la Société. Au milieu des toasts du dessert, le président a invité la société à vouloir bien être marraine de la nouvelle fontaine d'eaux minérales que l'on a baptisée du nom de Paracelse, reconnu originaire de l'Engadine.

Après le dîner, tous les membres se sont rendus au chalet de Silva, situé sur les bords du joli lac de St-Moritz et entouré de belles forêts de mélèzes. Du café y avait été préparé ; une bonne musique locale et une société d'habiles chanteurs du pays ont fait entendre des airs nationaux en allemand et en romantsch, entre autres une traduction du « Rufst du mein Vaterland » et une hymne en l'honneur de la Société dans la langue nationale de l'Engadine. Le retour s'est fait gaiement à pied et la soirée s'est terminée comme la précédente.

Le mercredi a été consacré d'abord à la séance de clôture. Diverses communications y ont été faites par M. Théobald sur la géologie des Grisons, par M. Desor sur l'action des glaciers, etc. La Société a discuté également une proposition de la section de médecine qui demandait l'établissement d'une commission permanente pour étudier ce qui tient aux causes locales qui déterminent ou rendent rare la phthisie pulmonaire. L'assemblée ne s'étant pas trouvée suffisamment renseignée sur la nécessité d'établir immédiatement quelque chose de permanent, a renvoyé l'examen même de la question à une commission spéciale qui rapportera à la session de Zurich.

Le dîner a eu lieu comme le lundi dans la maison Planta, et l'excursion du soir a consisté à aller visiter tous les villages situés entre Samaden et la basse Engadine en suivant le cours de l'Inn. Les mêmes voitures, encore plus nombreuses peut-être, ont été mises à la disposition des membres. La route, quoique intéressante et curieuse, est bien moins frappante que celle de la Bernina ; mais aucune des trois journées n'a laissé une impression plus profonde que celle-ci, car nulle part les témoignages de

sympathie ne nous ont été autant prodigués. Notre arrivée à Capella a été annoncée au loin par les cloches d'une vieille chapelle ruinée, dont le bruit oublié depuis de longues années signalait l'approche des naturalistes. Devant une belle ferme isolée, des tables avaient été dressées et des discours ont été échangés en allemand, en français et en romantsch. Pasteurs protestants, curés catholiques, laïques ont rivalisé d'éloquence dans leurs félicitations, leurs remerciements et leurs adieux. Un grand nombre de dames s'étaient réunies pour offrir le café et une collation. C'est une de ces scènes que l'on garde dans sa mémoire, mais que l'on ne peut que gâter en les décrivant.

Le lendemain, tous les membres quittaient à regret l'Engadine, les uns rentrant en Suisse par le Juliers, le Septimer ou Davos, les autres descendant en Italie par la Maloja ou la Bernina. Tous auront conservé une sincère reconnaissance de ces trois journées ; nous espérons que les Engadinois, et parmi eux notre honorable président et toute la famille de Planta, seront heureux de leur côté au souvenir de leur tâche si bien remplie.

Venons maintenant aux travaux de la Société. Nous ne nous astreindrons pas à l'ordre chronologique et ne séparerons pas les communications faites aux sections de celles qui ont été présentées dans l'assemblée générale. Nous nous bornerons aux divisions résultant des sciences elles-mêmes. Nous craignons d'être un peu incomplets, car les séances de sections ayant toutes eu lieu à la fois, il nous a été difficile de recueillir tous les documents. Nous faisons nos excuses à ceux que nous pourrions avoir ou-

bliés, et en même temps nous adressons nos remerciements sincères à ceux qui ont bien voulu nous communiquer des notes, et spécialement à M. le Dr de Planta, de Reichenau, à MM. les professeurs Vogt, Mousson, Théobald, Wartmann, à M. V. Fatio, etc.

F.-J. PICTET.

PHYSIQUE ET CHIMIE.

M. le professeur *C. Dufour*, de Morges, a entretenu la section d'un coup de foudre qui a eu lieu à Clarens dans le canton de Vaud.

La foudre y est tombée au mois de juin dernier dans une vigne et a atteint environ 150 ceps dans le voisinage du chemin de fer. En 1836 Arago attirait l'attention sur le fait que la foudre se subdivise quelquefois en 2, 3, ou 4 branches ; dans ce cas-ci elle s'est subdivisée en 150 branches. Ce fait rappelle les travaux de Feddersen, d'après lesquels l'étincelle électrique consisterait en une série de décharges très-rapprochées.

M. le prof. *Wartmann* a rappelé qu'un fait analogue, observé dans le voisinage de Paudex, a été décrit par M. le Dr de la Harpe père (*Bull. Soc. vaudoise des sc, nat.*, tome II, p. 80;. Il a communiqué ensuite une observation faite par M. Marc Alizier, instituteur à Genève, sur le sommet de l'Oldenhorn le 24 Juillet 1856. A trois heures après midi, par une température très-élevée, sa pique et celle de son guide firent subitement entendre un son semblable à ceux que rendent les poteaux télégraphiques, mais un peu plus faible. Une heure après, le ciel était envahi par des nuages menaçants, le tonnerre grondait et une pluie mêlée de grêle fondait sur la montagne.

M. le professeur *Clausius* a exposé le second principe de la théorie mécanique de la chaleur. Après avoir rappelé l'ancienne théorie de la chaleur (Carnot) et le principe fondamental de la théorie mécanique, savoir l'équivalent de la chaleur et du travail (Meier, Joule, etc.), M. Clausius a fait observer que la chaleur va d'elle-même d'un corps chaud à un corps froid ; c'est l'ancien phénomène du rayonnement et de la conductibilité. Mais quand la chaleur doit passer d'un corps froid à un corps chaud (par exemple, dans les machines à vapeur quand on renverse le mouvement), il faut nécessairement qu'il y ait une compensation, une équivalence ; il faut qu'il y ait en même temps ou bien transport d'une autre quantité de chaleur d'un corps chaud à un corps froid, ou bien une transformation de travail en chaleur.

C'est sur ce second principe aussi bien que sur le principe fondamental que repose aujourd'hui toute la théorie mécanique de la chaleur et il est important de se bien rendre compte de ce second principe, contre lequel M. Hirn a cru dernièrement devoir soulever des objections en s'appuyant sur une nouvelle expérience.

M. le professeur Clausius a décrit cette expérience et a montré que, bien interprétée, elle fournit au contraire une confirmation du principe. Tout passage de la chaleur d'un corps à un autre doit être considéré comme une « transformation ; » transformation positive quand la chaleur va d'un corps plus chaud à un corps plus froid, transformation négative dans le cas inverse ; tout comme la transformation de travail en chaleur est positive et la transformation de chaleur en travail négative. M. Clausius peut donc résumer brièvement et nettement le principe qu'il étudie en ces mots :

La transformation positive peut avoir lieu d'elle-même. Au contraire toute transformation négative est nécessairement accompagnée d'une transformation positive d'une valeur au moins aussi forte.

D'où il résulte, en retournant la proposition, que des transformations sans compensations ne peuvent être que positives.

M. le professeur *Wisliszenus* a présenté quelques considérations sur les acides organiques au point de vue de la théorie. Il relate d'abord ses dernières recherches destinées à éclaircir la nature des acides organiques polybasiques.

L'étude de l'acide lactique et de ses métamorphoses démontre que l'on peut arriver à concilier les théories en apparence si opposées de MM. A. Wurtz et Kekulé d'une part, et de M. Kolbe de l'autre, sur la constitution des acides organiques et en même temps concevoir et expliquer les différentes transformations de cet acide. — Le point le plus important de la théorie de M. Wisliszenus est une idée très-opposée à tous les faits connus, anciens et nouveaux, savoir que l'acide lactique se trouve être en même temps, un acide unibasique et un alcool monoatomique; en d'autres termes, que cet acide contient un atome d'hydrogène qui a, par suite de sa combinaison avec le radical négatif, le carbonyle, un caractère positif, et se laisse très-facilement remplacer par un métal basique lors de la formation d'un sel; tandis qu'un second atome d'hydrogène est, à l'opposé des radicaux alcooliques, de nature négative et se laisse plus aisément substituer par des radicaux acides ou des éléments négatifs. M. Wisliszenus a démontré ensuite, en s'appuyant sur des préparations qu'il a exhibées, que d'au-

tres acides organiques comme, par exemple, les acides malique, tartrique, citrique et mucique doivent être envisagés de la même manière. Ainsi, de même qu'en faisant agir le chloracétyle sur l'éther lactique, on parvient à remplacer dans ce dernier corps un atome d'hydrogène par l'acétyle; on peut, en faisant agir le chloracétyle, introduire un atome d'acétyle dans l'éther malique, deux dans l'éther tartrique, un dans l'éther citrique et quatre dans l'éther mucique. L'acide malique paraît donc être un acide bibasique et un alcool monoatomique, l'acide tartrique un acide bibasique et un alcool biatomique ; l'acide citrique un acide tribasique et un alcool monoatomique, et enfin l'acide mucique, qui est bibasique, paraît avoir aussi le caractère d'un alcool quadriatomique.

M. Wisliszenus a terminé en montrant dans quel sens il convient de diriger la suite de ces recherches.

M. *Adolphe de Planta*, de Reichenau, a communiqué un travail sur la valeur de l'analyse chimique au point de vue surtout des sources médicinales du canton des Grisons.

L'auteur a étudié ces sources les unes après les autres, celles qui ont déjà été examinées aussi bien que celles qu'il a analysées lui-même pour la première fois ; appuyé sur leur composition chimique, il a fait ressortir leurs applications variées aux différentes maladies et aux différents âges des malades. Quoique l'on porte quelquefois trop haut les effets curatifs de certaines sources peu riches en substances minérales, cependant on ne peut nier la valeur de quelques-unes de celles qui paraissent faibles dans leur composition.

Après avoir brièvement passé en revue les bains de l'Allemagne, il a fait ressortir la valeur des sources de

Saint-Moritz et de Tarasp, déjà si appréciées du monde médical, et qui le seront de plus en plus à mesure qu'elles seront plus connues.

GÉOLOGIE.

M. le professeur *Martins* a entretenu la section des formes du rivage de la Méditerranée dans le voisinage de l'Étang de Berre. Il a expliqué la manière dont se forment les dunes fixes et les dunes mobiles, décrit la nature du sol en dedans de ces élévations, et esquissé les différences de végétation que présentent ces diverses régions. Il a montré la liaison qui existe entre les dépôts qui forment les dunes et la géologie alpine par l'observation suivante : Les sables qui en composent la partie mobile sont remarquables par la quantité de silice qu'ils renferment : l'origine de cette matière ne peut être attribuée qu'à l'usure des galets, réduits par le mouvement de la mer à n'être plus que des disques minces. Or, ces galets sont des quartzites des Alpes, qui ont été amenés dans cette contrée par les anciens glaciers

M. le professeur *Desor* a étudié la géologie du versant sud des Alpes, dans le voisinage du lac de Varèse. On sait par les observations des géologues suisses, et en particulier de M. le professeur Studer, que sur le versant nord les terrains extrêmement tourmentés semblent échapper aux règles générales de stratification établies pour l'étude du Jura et des pays moins accidentés. M. Desor a fait remarquer qu'au sud des Alpes ces règles sont tout à fait applicables, et que les couches y sont disposées avec une régularité frappante. Parmi les dé-

tails, le plus intéressant est le fait suivant : la série des couches jurassiques est terminée par le calcaire rouge ammonitifère. Celui-ci est immédiatement recouvert par une majolica néocomienne et celle-ci par un *flysh* riche en fucoïdes. M. le professeur Heer, consulté sur la détermination spécifique de ces fossiles, n'a pas hésité à les rapporter aux espèces du flysh alpin généralement considéré comme tertiaire. Or, ce flysh de Varennes est recouvert par une couche de calcaire riche en ammonites, dont les espèces n'ont pas été déterminées, mais qui sont certainement suffisantes pour classer ce dépôt parmi ceux de l'époque crétacée. Quelle est l'explication de ce fait inattendu ; le véritable flysh serait-il crétacé?

Cette question a amené une discussion assez longue. M. le professeur Studer a reproduit la coupe des montagnes situées au nord du lac de Thun, qui semble suffisante pour prouver que le flysh est tertiaire. M. Fischer-Ooster a fait à cette coupe quelques objections dont la discussion nous entraînerait trop loin.

M. *Desor* a ensuite introduit la question du creusement des lacs par les glaciers, et contesté à cet égard les opinions de M. de Mortillet. Contrairement à la théorie émise par ce géologue, M. Desor croit que les glaciers ne creusent jamais le sol, et cite divers faits tendant à prouver qu'ils passent même sur de petites éminences de gravier meuble, parce que celles-ci fondent la glace la plus voisine. Dans la course au glacier de Morteratsch la Société a pu observer plusieurs exemples analogues.

La présence de M. de Mortillet avait été espérée à la réunion de Samaden, et on se proposait une discussion approfondie de cette question ; son absence l'a rendue presque impossible. M. l'abbé Stoppani et M. le profes-

seur Omboni ont bien cherché à reproduire devant la section les principaux arguments de M. de Mortillet; mais, comme ils avouaient en même temps qu'ils n'étaient pas suffisants pour les convaincre, on a dû ajourner à une autre occasion l'étude de cette théorie.

M. *Strobel*, professeur à Parme, a fait une communication sur la *terra mara*, dont il montre des échantillons.

C'est une couche de terre meuble, située assez profondément et qui contient des restes organiques, du charbon et des ossements semblables à ceux qu'on trouve dans les anciens pilotis. M. Strobel relie donc cette couche à l'époque des constructions sur pilotis, dont on a aussi trouvé des restes près de Parme.

M. *C. Mœsch*, d'Aarau, a donné quelques détails sur les travaux qu'il a entrepris pour la carte géologique suisse et sur les résultats de ses recherches de l'année. Il est entré surtout dans de grands détails sur la chaîne du Weissenstein, près de Soleure, qui donne lieu à différentes déductions tout à fait en désaccord avec les idées reçues jusqu'ici, mais qui s'appuient sur des considérations stratigraphiques et paléontologiques.

M. le professeur *Théobald* a également communiqué ses recherches sur la géologie du canton des Grisons, à la suite desquelles, comme nous l'avons dit plus haut, une feuille entière de l'Atlas de Dufour (XV) va être coloriée et livrée au public. Il en a entretenu la section, puis l'assemblée générale dans la séance de clôture.

Dans sa communication à la Seciion, M. Théobald a donné des détails sur les formations du trias et du lias des environs de *Samaden*, en prenant pour point de départ le Piz Padella, situé immédiatement au-dessus de la ville. Ce Piz appartient en partie à un mâit (mülde)

tout particulier de roches sédimentaires, qui sont intercalées dans les roches granitiques et partagent en plusieurs parties les montagnes de l'Engadine.

Sur une base de roches cristallines (granit, gneiss, ou schistes de Casanna) se trouve le trias alpin dans l'ordre naturel, seulement la partie antérieure de la montagne a été déchirée par un filet cristallin. La grande masse de la montagne se compose de dolomies avec des mâits de roches des couches de Kössen, de calcaire liasique rouge et blanc (Adnalta kalk et Thirlaza kalk) et ensuite de schistes d'Algau. Ces formations contiennent, chose rare dans cette partie intérieure des Alpes, des fossiles déterminables, et leur position peut être par conséquent établie avec certitude. Ces zones de lias et d'infralias, réduites ici à un espace assez étroit, se laissent poursuivre sur une grande étendue. On peut les suivre jusqu'à Oberhalbstein, et même jusque près de Bormio, d'après les dernières observations de M. Théobald, et jusqu'aux glaciers de l'Ortlab. M. Théobald a présenté divers fossiles trouvés récemment dans ces terrains. Il a communiqué aussi diverses observations sur les schistes et la pierre ollaire de *Malenco*, qui se relient aux gisements analogues de Fez Fedoz et de Mureto, et passent ainsi dans l'Engadine.

Dans la séance générale, M. Théobald a entretenu la Société de la géologie de la Haute-Engadine. — Vu le développement que l'auteur a donné à cette communication, nous la reproduisons à part, dans le présent numéro.

ANTHROPOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE.

M. le professeur *Vogt*, dans deux communications faites l'une à la première séance générale, l'autre à la

section de géologie, a traité de la forme des crânes chez les races d'hommes enfouis dans les dépôts diluviens. Il a, en particulier, montré les moules en plâtre de deux crânes célèbres dans les fastes de la science, savoir celui de la caverne d'Engis, qui lui a été communiqué par M. Spring, de Liége, et celui du Neanderthal, qui lui a été envoyé par M. Fuhlrott, d'Eberfeld. On sait que le crâne d'Engis a été trouvé par Schmerling, dans des conditions qui prouvent sa contemporanéïté avec l'ours des cavernes, l'*Elephas primigenius*, le *Rhinoceros tichorinus*, etc. Le crâne du Neanderthal, dont on a déjà souvent parlé, paraît avoir une origine non moins certaine et remonter à la même époque.

Ces deux crânes appartiennent à une race complétement éteinte aujourd'hui en Europe et qui présenterait plutôt de l'analogie avec celles de la Nouvelle-Hollande. Celui du Neanderthal est le plus éloigné du type des races plus parfaites qui vivent aujourd'hui ; il est remarquable par l'énorme développement des arcades sourcilières, par l'aplatissement du front et par l'épaisseur des os ; il a probablement appartenu à un homme. Celui d'Engis, au contraire, est celui d'une femme, il est un peu moins imparfait ; mais tous deux sont liés par le caractère commun d'être excessivement longs et étroits.

La célèbre mâchoire de Moulin-Quignon, que M. Vogt admet comme authentique et comme probablement contemporaine des précédents, n'est pas de nature à fournir des renseignements suffisants sur la forme générale de la tête. Il est cependant probable qu'elle a appartenu à un homme de petite taille, à tête courte, c'est-à-dire du type *brachycéphale*.

Le type des têtes allongées ou *dolichocéphales*, comme

les crânes d'Engis et du Neanderthal, se retrouve en Suisse. M. Vogt montre un moule en plâtre du musée de Berne, intermédiaire par ses formes entre ces deux crânes et plus étroit encore que l'un et l'autre. Des crânes du même type ont été trouvés dans les tombeaux du Hohberg près Soleure, de Granges et de Bienne, tous datant de la fin de l'époque romaine et contenant des anneaux en argent et des inscriptions chrétiennes. On ne les trouve du reste qu'en petite proportion parmi les crânes du type helvétique et ils ont probablement appartenu à une race étrangère. Les crânes du type helvétique sont, au contraire, déjà à cette époque très-larges et courts, et cette forme s'est conservée d'une manière remarquable chez les Grisons romantsches. Ils ont une capacité encéphalique bien supérieure à celle des crânes allongés.

M. Vogt a montré en outre de nombreux dessins géométriques de divers crânes très-anciens, tels que ceux que M. Garrigou a recueillis dans les cavernes de l'Arriége, une vingtaine provenant des tombeaux de l'âge de pierre en Danemarck, d'autres trouvés dans les dépôts lacustres de Meilen et d'Auvernier. De tous ces matériaux et des faits précités il tire la conclusion que les races humaines ont déjà été très-diversifiées dès les temps les plus reculés connus, et que les races autochthones ont continué à occuper le sol en formant la base des populations actuelles, où l'on peut constater un très-grand mélange. M. Vogt désire que l'on profite de l'occasion donnée par les nombreux ossuaires qui existent en Suisse pour faire des mesurages nombreux, seul moyen pour déterminer le type prédominant d'une population mélangée.

A la suite de ces communications est née une discus-

sion souvent assez vive, mais qu'il y aurait peu d'intérêt à reproduire ici. Elle a porté, soit sur l'authenticité de la mâchoire de Moulin-Quignon, question dont nous avons suffisamment entretenu les lecteurs de la *Bibliothèque Universelle;* soit sur diverses hypothèses, relatives à la race qui a introduit le christianisme en Suisse et aux rapports des populations les plus anciennes. Les arguments mis en avant de part et d'autre ne présentent pas encore un caractère de solidité qui permette une discussion sérieuse.

M. le professeur *Pictet* a entretenu la section de géologie de quelques faits relatifs à l'enroulement des mollusques céphalopodes. Il a montré que le type à courbure peu prononcée et uniforme, auquel on a donné le nom de *Toxoceras* est plus rare que l'on ne pense, car quelques espèces (et probablement un assez grand nombre) décrites sous ce nom ne sont que des fragments d'individus appartenant à d'autres genres. Il en donne pour preuve le *Toxoceras obliquatum* qui, s'il est complet, commence par une région tordue et finit par une crosse, appartenant ainsi en réalité au genre *Anisoceras*. Par contre, le type des ammonitides à enroulement spiral régulier, mais à tours disjoints, connu sous le nom de *Crioceras*, est bien distinct, quoiqu'il ait été contesté. Quelques auteurs ont prétendu que ces Crioceras ne sont que des fragments d'Ancyloceras. La découverte d'une bouche bien formée chez l'un d'eux (*C. Duvalii*) montre que l'animal a vécu sous la forme de Crioceras et qu'il a été probablement apte à se reproduire en restant dans cette croissance régulière.

Ce même type des Crioceras peut mieux se confondre avec celui des Ammonites proprement dites. M. Pictet donne pour exemple l'*Ammonites angulicostatus*, dont il

a eu de très-beaux échantillons à tours se recouvrant sur au moins un tiers, d'autres à tours en contact et d'autres à tours tout à fait séparés, c'est-à-dire sous la forme de Crioceras, tous les autres caractères restant identiques.

Les fossiles de ces divers genres proviennent de l'étage néocomien des Basses-Alpes.

ZOOLOGIE ET ANATOMIE.

M. le professeur *de Siebold* a exposé à la Société un fait curieux qui se lie avec ses travaux classiques sur la Parthénogénèse. M. Eugster, habile éducateur d'abeilles à Constance, possède une ruche aujourd'hui âgée de 4 ans, qui fournit constamment une grande quantité d'hermaphrodites. Ces malheureuses créatures sont jetées hors de la ruche immédiatement après l'éclosion par les abeilles ouvrières, de manière que M. de Siebold a pu les recueillir par centaines et en faire une étude complète. Aucun de ces hermaphrodites ne ressemble à un autre; tantôt un côté est mâle et l'autre femelle, tantôt les parties antérieures (tête, antennes, yeux, etc.) sont de l'un des sexes, tandis que les parties postérieures appartiennent à l'autre; souvent les caractères extérieurs alternent par anneau et même par demi-anneau. La même variabilité existe pour les organes sexuels intérieurs. Tantôt ces hermaphrodites ont l'aiguillon des ouvrières, tantôt l'organe mâle des bourdons, tantôt les deux réunis. Souvent on trouve d'un côté un ovaire, de l'autre un testicule, ou bien les deux organes réunis. Les caractères extérieurs sont fréquemment en discordance avec les intérieurs. Tantôt les appareils internes sont d'un sexe et les externes de l'autre. Des individus sont à l'intérieur mâles à droite et femelles à gauche, tandis que

l'inverse a lieu au dehors. Un seul trait d'organisation est constant, savoir que les ovaires sont toujours formés comme chez les ouvrières et par conséquent des tubes vides sans œufs, tandis que les testicules arrivent à un développement complet et contiennent des zoospermes.

Ce fait, unique jusqu'à présent, paraît être une confirmation des observations antérieures de l'illustre auteur. On sait que le sexe des abeilles résulte de la fécondation, que les œufs dans lesquels les zoospermes sont entrés deviennent des femelles (reines ou ouvrières), tandis que les œufs non fécondés deviennent des mâles. Les œufs dont proviennent les hermaphrodites sont pondus dans des cellules d'ouvrières et devraient donc devenir des ouvrières; mais la reine ayant probablement quelque défaut d'organisation, une partie de ces œufs ne sont fécondés qu'incomplétement, de manière que le développement des organes femelles reste ainsi à un état plus ou moins rudimentaire.

A la suite de cette communication une discussion intéressante s'est établie sur divers points.

M. le professeur *Chavannes* a attiré l'attention sur les rapports qui existent entre les faits précités et ceux qu'a observés M. le professeur Thury et dont nous avons rendu compte (*Bibliothèque Universelle, Archives*, septembre 1863, tome XVIII, p. 91). Dans les vaches les œufs moins mûrs au moment de la fécondation donnent des femelles et les plus mûrs des mâles.

M. le professeur *Vogt* a fait remarquer qu'il y a une différence importante. En effet, dans les vaches tous les œufs exigent une fécondation pour être fertiles, tandis que les bourdons résultent d'œufs non fécondés. Il pense toutefois qu'on pourrait bien accepter un certain degré

d'analogie si on admettait comme explication des faits observés par M. Thury, que dans les vaches les œufs moins mûrs ayant une pellicule plus mince, acceptent un plus grand nombre de zoospermes, et que dans les œufs plus mûrs la pénétration de ces corps est plus difficile.

La discussion a continué sur la Parthénogénèse proprement dite et en particulier sur celle des vers à soie. M. le professor *Heer* a dit n'avoir jamais pu faire à cet égard que des expériences négatives. M. le professeur *Filippi*, tout en reconnaissant qu'en général les œufs non fécondés n'éclosent pas, a cité un fait inverse. Il a eu un cocon d'une race particulière du Japon, duquel est éclose une seule femelle qui est restée tout à fait isolée. Celle-ci a pondu des œufs qui n'ont certainement pas été fécondés et qui ont produit des chenilles parfaitement conditionnées. Il rappelle d'ailleurs que M. Curtis a fait une observation analogue sur un cocon du *Bombyx Atlas*, le seul peut-être qui fût dans ce moment en Angleterre.

M. le professeur *Martins* a parlé des travaux de M. Rouget, professeur de physiologie à Montpellier, et a revendiqué pour lui la priorité dans la découverte de la terminaison des nerfs moteurs. Ces nerfs pénètrent à travers le sarcolème et s'étendent sur les fibres musculaires en disques composés de granules nerveux. Cette observation a été faite en 1862 par M. Rouget sur les muscles de la queue du lézard.

M. le professeur *Strobel* a présenté une espèce de crustacé Macroure qu'il a trouvée dans le Pô et qu'il considère comme le *Palæno lacustris* du lac de Garde. C'est, suivant lui, un exemple d'une espèce marine graduellement habituée à l'eau douce.

M. *Victor Fatio*, de Genève, a montré au nom de M. Brügger, docteur à St-Moritz, les poissons qu'on recueille dans la Haute Engadine. Les truites y présentent des variétés nombreuses qui sont discutées séance tenante par MM. de Siebold, Fatio, etc. L'une est le *Salmo lacustris*, de Siebold; une autre le *Salar Ausonii;* une troisième se rapproche du *Fario carpio* des lacs de la Haute Italie. On trouve en outre le *Scardinius erythrophtalmus* formant deux variétés dans les lacs de Stalz et de Silser.

M. *V. Fatio* a distribué ensuite un projet de catalogue des animaux vertébrés de la Suisse, auxquels il joint provisoirement les espèces des régions voisines dont l'*habitat* en Suisse est probable. Occupé depuis plusieurs années de l'étude de cette partie importante de la faune suisse, il réclame la collaboration et l'appui de tous ceux qui sont à même de recueillir des faits sur la distribution géographique des espèces. Dans ce but, ce projet de catalogue est distribué en différentes colonnes, portant des titres d'observations. Il engage les naturalistes auxquels il en a remis à les lui renvoyer lorsqu'ils auront inscrit dans ces colonnes leurs observations particulières.

BOTANIQUE.

M. le professeur *Martins* a montré des planches où sont représentées les racines aërifères des Jusseia et en particulier de la *J. diffusa.* Suivant ce savant professeur, ces plantes ont trois sortes de racines, dont les plus intéressantes sont les verticales, dites *en éponges*, remplies d'air et servant comme de vessies natatoires. Elles n'ont pas d'épiderme, sont purement composées de tissu cel-

lulaire, et l'air qu'elles contiennent ne renferme que 9 à 12 pour cent d'oxygène.

M. le pasteur *Andeer,* de Bergür, a lu la continuation de ses observations sur la flore de l'Albula et cité entr'autres deux hybrides nouvelles (une *Pedicularia* et une *Crepis*).

M. le professeur *Heer* a comparé la flore de l'Engadine avec celle des régions boréales. Il trouve dans cette partie des Grisons 80 espèces arctiques dont quelques-unes (*Silene acaulis*) se retrouvent dans toute la Suisse et d'autres n'existent que dans les environs de la Bernina (*Leiothikon arcticum*). L'Engadine, du reste, possède des espèces qui manquent aux régions arctiques, et réciproquement celles-ci en ont plusieurs qu'on chercherait vainement en Suisse. Ed. Forbes explique ces faits en admettant que les plantes sont remontées vers le nord avec le recul des glaciers, laissant par places quelques individus dans des régions isolées.

La discussion s'est étendue à cet égard aux animaux de la Suisse et des régions tempérées, et MM. Heer, Vogt, Filippi, etc. ont cité des faits analogues.

Dans une autre communication, M. le prof. *Heer* a signalé une espèce nouvelle pour la Suisse; il la nomme *Saxifraga Mureti*.

M. *Leule*, d'Ulm, a parlé des champignons qui détruisent les bois des maisons et proposé un ciment préservatif. Les germes de ces champignons sont répandus dans l'air et ne peuvent se développer que sur les surfaces humides. Le ciment empêche ce développement.

M. le docteur *Stitzenberger*, de Constance, a exposé brièvement quelques observations sur les lichens et distribué une brochure sur ce sujet.

NOTE

SUR LA

GÉOLOGIE DE LA HAUTE-ENGADINE

PAR

M. LE PROF. THÉOBALD.

Le voyageur parti des vallées plus basses, qui cherche à pénétrer par un côté quelconque dans ce centre de montagnes, traverse toujours diverses zones de terrains sédimentaires avant d'arriver à la masse centrale des roches granitiques ou au moins cristallines de la Haute-Engadine, parmi lesquelles on peut bien établir des divisions, mais dont l'ensemble forme cependant un tout compacte.

Un examen superficiel permet d'entrevoir trois éléments principaux dans ces montagnes de la Haute-Engadine :

1° Un noyau granitique, composé de granit proprement dit, de syénite, et d'un composé de syénite et de diorite.

2° Des roches schisteuses cristallines, du gneiss, des schistes micacés, des schistes d'Hornblende, et, superposés à ceux-là, des schistes d'Orsanna (schistes micacés, talqueux et chlorités). Ces roches, pour la plupart métamorphiques, sont intercalées dans les granits, mais forment aussi souvent des montagnes indépendantes.

3° Des roches évidemment sédimentaires, des grès, des conglomérats, des calcaires et des schistes appartenant au trias et au lias. Elles sont souvent resserrées en mâits [1] étroits ou superposés aux roches granitiques sous la forme de lambeaux déchirés. Ces roches sédimentaires ont été profondément modifiées par les roches cristallines ; ainsi le calcaire est devenu du marbre blanc, les schistes argileux et marneux ont pris en partie une texture cristalline, etc., etc. Ces mâits de roches sédimentaires, déposés entre les noyaux granitiques, sont très-importants pour nous, parce qu'ils nous permettent de diviser l'ensemble de ces montagnes en plusieurs parties, qui sont les suivantes :

1° Le massif proprement dit de la Bernina. Il est borné d'un côté par les lacs de l'Engadine, l'Alpe de Languart et la partie postérieure du passage de la Bernina ; de l'autre côté, par le Muretopass et la vallée de Malenco. Le noyau est composé de granit et de ses diverses variétés de syénite et de diorite syénitique ; cette dernière roche forme le pic le plus élevé. On y rencontre aussi du gneiss, des schistes amphiboliques, micacés, et de Casanna, etc. Les roches granitiques centrales commencent avec le Piz Roseg et se terminent au Piz Zupo. Au nord elles s'étendent jusqu'à Pontresina et au delà des bains de Saint-Maurice ; au sud elles ne vont pas au delà du Vadret Siersen. Dans ce massif de montagnes se trouvent les plus hautes cimes, de grands glaciers et des champs de neige.

2° Le massif d'Albigna, au sud de la Bernina, dont il

[1] M. Desor s'est servi du mot *mâit* pour traduire le mot allemand *mülde*, en anglais, *trough*. (Voir *Orographie des Alpes*, par Desor, p. 4.)

est séparé par le passage de Mureto; ses noyaux granitiques et syénitiques ont une beaucoup plus grande extension que ceux de la Bernina; ses cimes peu visitées ont une grande élévation, ses glaciers rivalisent avec ceux de la Bernina. Le granit de ces montagnes est très-différent de celui de ce dernier groupe.

3° Le massif du Juliers, entre les lacs de l'Engadine, Oberhalbstein, les passages du Septimer et du Suvretta. Le noyau est du granit du Juliers et de la syénite; ces roches sont en partie superposées d'une manière fort extraordinaire aux roches adjacentes qui sont des gneiss, des schistes de Casanna, des formations triasiques et même liasiques. On y rencontre en outre des masses importantes de serpentine.

4° Le Piz Ot et ses environs, avec la partie sud de l'Albula. Ce massif de montagnes est séparé du Juliers par le mâit de Suvretta, Val d'Agnei, Saint-Moritz et le Piz Padella; il est séparé du Scaletta par les montagnes schisteuses et calcaires de l'Albula. Le noyau est du granit de Juliers qui passe çà et là à la syénite, les roches adjacentes sont des schistes cristallins du Verrucano, des formations triasiques et liasiques.

5° Le Piz Err peut être considéré comme compagnon du massif précédent; il a une base granitique entourée de la même manière et, en outre, par des masses très-considérables de serpentine.

6° Le massif des montagnes de Lanquart. Nous le nommons d'après celle de ses cimes qui est la plus connue, car son point central est proprement le Piz Vadret, qui est granitique, tandis que le reste se compose principalement de gneiss. Ses bornes sont les vallées de Samaden et de Pontresina, les bandes calcaires

de l'Alpe de Lanquart et de Pischa (?), Livigno et les parties septentrionales de Lavirum Camoçask et de Casanna. Ce massif de montagnes a un caractère très-différent des précédents.

7° Le massif granitique de Poschiavo, jusqu'à Drusio, se rattache aux deux précédents et en forme comme une sorte de contrefort.

Il est extraordinaire qu'aucun de ces massifs de montagnes ne présente une structure régulière en éventail. On pourrait croire que les uns ont gêné les autres dans leur développement, ce qui indiquerait qu'il y a eu un soulèvement voisin simultané. L'inclinaison des roches stratifiées se dirige généralement vers le nord.

On remarque toutefois plusieurs exceptions locales, ainsi les couches de calcaire et de schistes du mâit de Juliers s'inclinent au sud et au sud-est contre le granit. Si nous voulons examiner la manière dont se sont formées nos montagnes, nous trouverons que les choses ont dû se passer à peu près de la manière suivante :

Il fut un temps où ces contrées étaient le fond d'un océan. Les roches sédimentaires se déposèrent alors dans ses profondeurs, et comme les formations liasiques se trouvent toujours superposées aux autres, il faut qu'après leur dépôt le fond de l'océan ait été émergé ; cela a eu lieu par un soulèvement graduel ; ensuite, dans la profondeur, par une transformation des roches, les dépôts plus anciens, siluriens, dévoniens, carbonifères, etc., furent changés en roches schisteuses et cristallines, en gneiss, en schistes micacés, en schistes de Casanna, etc. Ils augmentèrent par là de volume et formèrent une série de croupes ondulées qui s'élevèrent au-dessus du niveau de la mer. La tension devenant toujours plus

grande, ces croupes arrondies se déchirèrent en partie, et les roches sédimentaires supérieures qui n'avaient pas éprouvé toutes ces transformations furent resserrées et comprimées en forme de mâits. Il en résulta les formes que nous voyons et les montagnes de Lanquart et de Casanna. Pendant cette longue période eurent lieu aussi les soulèvements des spilites, des diorites et des serpentines, qui interrompirent plusieurs fois la régularité du soulèvement métamorphique.

Plus tard eut lieu le puissant soulèvement granitique qui produisit les masses centrales, releva encore les montagnes déjà existantes, déchira entièrement les roches sédimentaires qui leur étaient superposées et donna principalement à l'ensemble la forme générale qu'il a aujourd'hui. Des dénudations et des alluvions vinrent plus tard apporter encore des modifications partielles, en particulier des roches striées et des moraines, traces de l'époque glacière, permettent d'en suivre les effets. Ce ne fut qu'après tout cela que les plantes et les animaux actuels purent peupler le pays. Il serait d'un haut intérêt de savoir combien de temps il fallut à ceux-ci pour animer le sol libéré de nouveau des glaces, et combien de temps s'écoula jusqu'à ce que l'homme vînt élever sur ces sommités ses demeures hospitalières.

CHIMIE PHYSIQUE ET THÉORIQUE

PAR

MM. H. BUFF, H. KOPP ET F. ZAMMINER.

Physikalische und theoretische Chemie. Zweite Auflage, 8°, Braunschweig, 1863.

Le volume dont nous annonçons ici la seconde édition sert en même temps d'introduction à la quatrième édition du *Traité complet de chimie* de Graham, traduit en allemand et développé par le professeur Otto, traité qui a acquis en Allemagne une juste célébrité.

Ce volume se compose lui-même de deux parties : la première est un traité de physique principalement destiné à l'exposition des parties de cette science qui ont le contact le plus intime avec la chimie, la seconde est un traité de chimie théorique.

Nous nous sentons trop incompétent pour parler de la première partie; d'ailleurs les noms justement célèbres de ses auteurs en garantissent suffisamment le mérite. Nous nous bornerons à en signaler le double caractère. Il n'y a presque aucune propriété physique des corps qui n'ait quelque application utile pour la chimie. Il en résulte que cette partie, bien qu'elle ne soit qu'une introduction à un traité de chimie, a dû devenir en réalité un traité élémentaire de physique presque complet ; du moins nous a-t-il semblé que l'acoustique était le seul

sujet essentiel qui n'y eût pas sa place. Mais en même temps, et en raison de sa destination, on y trouve traités avec un grand développement des sujets, d'une haute importance pour les chimistes, qui ne sont, en général, qu'effleurés dans les traités élémentaires de physique. Nous signalons particulièrement les lois de la cristallographie, les phénomènes de la diffusion des liquides et d'endosmose, d'écoulement des gaz par les tubes capillaires et de diffusion des gaz, leur absorption par les liquides, les propriétés optiques des corps cristallisés, la polarisation circulaire et son application à la saccharimétrie, enfin les actions électrochimiques.

Quant à la seconde partie, c'est un traité de chimie théorique, et des relations entre les propriétés chimiques et les propriétés physiques, par H. Kopp ; en d'autres termes, c'est un traité de philosophie chimique.

Certes nul n'était mieux qualifié que ce savant pour traiter un pareil sujet, car personne plus que lui n'a contribué à faire connaître, à soumettre à un examen scrupuleux, et à éclairer ces relations si importantes entre les propriétés physiques et les propriétés chimiques des corps. Cependant nous devons ajouter qu'on ne s'en douterait guère en lisant cet ouvrage. Il est vrai que la nécessité de traiter un sujet aussi vaste dans un espace relativement restreint, l'a forcé de supprimer tout détail historique ; il expose les principales théories de la chimie pour elles-mêmes, et sans se préoccuper de la part qu'ont eue divers savants dans leur découverte, en sorte qu'en ne citant point ses propres travaux il n'encourt pas le reproche de partialité. Mais nous remarquons de plus qu'il ne s'est point laissé entraîner à développer outre mesure, et au détriment d'autres questions, les sujets

dont il avait fait dans ses mémoires une étude spéciale. Il les expose très-sobrement, et avec autant de réserve et d'impartialité que s'il n'eût jamais été que rapporteur dans les discussions auxquelles ils ont donné lieu.

Sans s'étendre très-longuement sur les diverses théories qu'a fait naître l'étude de la chimie organique, l'auteur en signale cependant les plus importantes et en dit assez pour que les chimistes qui sont restés en dehors de cette branche de la science, puissent les apprécier et juger des modifications que cette étude a apportées aux théories générales de la chimie.

A l'époque où nous sommes arrivés, où le champ d'étude de la chimie s'est tellement étendu qu'il est presque impossible à un homme de l'embrasser en entier, et où surtout les chimistes, qui se vouent essentiellement aux recherches actives du laboratoire, se classent d'une manière presque absolue suivant la direction spéciale de leurs travaux, il leur sera précieux de trouver un résumé aussi bien fait des progrès généraux de la science dans toutes ses diverses parties. Rien n'est plus propre que la lecture de ce livre à montrer qu'aucune des branches de la chimie ne doit rester isolée et ne se suffit à elle-même pour s'élever à la connaissance des lois générales ; elles se prêtent toutes un mutuel appui, chacune pouvant montrer la part qu'elle a eue dans la découverte de ces lois, et faisant prévoir par là les services qu'elle pourra rendre pour en découvrir de nouvelles.

Une partie importante de cet ouvrage est consacrée à une exposition et à une appréciation fort judicieuse des divers systèmes de formules et de notations qui se sont succédé depuis quelques années et qui ont été en grande

partie déterminés par le progrès des théories de la chimie organique, joint à une étude plus approfondie des relations des propriétés physiques et de la constitution chimique des corps. L'auteur touche là à une discussion soulevée depuis quelques années et à une lutte établie entre deux systèmes distincts de notations et de formules entre lesquels les chimistes sont fort partagés actuellement. Notre opinion personnelle dans ce débat n'est point indécise, et nous sommes heureux de voir M. Kopp entièrement favorable à l'introduction du système de formules qui tend de plus en plus à être adopté depuis quelques années, et qui a le double avantage de faire ressortir dans leur plus grande simplicité les relations entre les propriétés physiques et les propriétés chimiques et de s'accorder le mieux avec les théories les mieux établies de la chimie organique.

Qu'il nous soit permis seulement de présenter sur ce sujet quelques observations relatives non à la convenance même de ces notations, mais à la prétention de nouveauté que semblent leur attribuer les chimistes qui les soutiennent le plus ardemment et que ne leur conteste pas suffisamment à nos yeux le traité de Kopp. Il nous semblerait cependant plus exact de considérer ce système comme un retour à l'ancien système des formules atomiques, avec quelques modifications seulement qu'a nécessitées le progrès de la science. Nous possédons encore les notes prises au cours de chimie professé par M. Dumas en 1835 et 1836, dans lequel tous les composés sont exprimés par leurs formules atomiques, identiques pour la plupart avec celles qu'on recommence à leur attribuer, et nous nous rappelons avoir également fait usage de ce système de notations pendant les premières années de

notre enseignement dans l'Académie de Genève (1842), et n'y avoir renoncé que pour suivre un usage adopté dans tous les traités de chimie élémentaire.

Nous ne voulons point cependant méconnaître l'importance des modifications que les progrès de la science depuis cette époque ont apportées à cet ancien système de notations.

Quelques-unes ne portent que sur des points de détail. Ainsi une étude plus exacte des propriétés physiques des corps a fait disparaître en grande partie, dans la détermination des poids atomiques, les anomalies et les incertitudes qui avaient été sans doute la cause qui avait décidé la plupart des chimistes, il y a une vingtaine d'années, à substituer, dans les formules, les équivalents chimiques aux poids atomiques.

D'autres modifications plus importantes sont en rapport avec des idées nouvelles sur la constitution des corps composés. Telles sont celles qui résultent de la découverte d'un groupe nombreux d'acides polybasiques, tandis qu'autrefois on n'en connaissait qu'un seul exemple, l'acide phosphorique, qui constituait presque une anomalie.

Mais le principal changement est celui qui est relatif aux formules des sels, pour lesquels le nouveau système met en évidence le caractère le plus essentiel commun à tous les corps de cette classe, savoir de renfermer un élément métallique doué d'une grande mobilité et susceptible de s'échanger avec la plus grande facilité contre d'autres éléments de même nature. Ce changement, dont la convenance avait été signalée depuis longtemps, est très-important puisqu'il a permis de dédoubler les formules de la plupart des acides. L'acide azotique devient $AzO^3.H$, l'acide acétique $C^2H^3O^2H$.

Remarquons cependant que cette simplification n'est pas aussi générale que semblent le croire quelques chimistes, qui ne s'occupent que de chimie organique, et ne veulent tenir compte d'aucune des notions tirées d'autres considérations. Elle peut être admise pour les formules des acides libres et des sels des métaux alcalins (y compris l'argent), mais elle est inapplicable aux sels des autres métaux. Les acétates de potasse, d'argent peuvent bien se formuler $C^2H^3O^2.K$ et $C^2H^3O^2.Ag$, mais ceux de baryte, de cuivre, etc., doivent recevoir les formules :

$$\left.\begin{matrix} C^2H^3O^2 \\ C^2H^3O^2 \end{matrix}\right\} Ba \quad , \quad \left.\begin{matrix} C^2H^3O^2 \\ C^2H^3O^2 \end{matrix}\right\} Cu \text{ etc.}$$

puisque les équivalents du baryum, du cuivre et de la plupart des métaux ne sont point composés de deux atomes comme ceux de l'hydrogène et des métaux alcalins. Nous sommes en cela du reste parfaitement d'accord avec les vues exprimées par M. Kopp.

Il y a cependant quelque chose de plus dans les nouvelles théories, c'est la notion, sinon nouvelle, du moins généralisée et étendue à tous les corps tant simples que composés, de la molécule distincte également de l'atome et de l'équivalent chimique d'un corps. La molécule d'un corps serait la plus petite quantité de ce corps qui puisse exister à l'état de liberté, tandis que l'atome en est la plus petite quantité qui puisse entrer dans un composé chimique. La molécule serait, même pour les corps simples, le plus souvent composée de plusieurs atomes.

Cette notion de l'existence des molécules n'est point nouvelle ; pour les corps composés en particulier, ce terme remplace seulement celui d'atome composé qui était employé jadis. Ainsi les symboles employés jusqu'ici, Ph^2O^5 pour l'acide phosphorique, Al^2O^3 pour l'alumine,

Fe^2O^3 pour le peroxyde de fer, etc., symboles qui ne représentent point des équivalents de ces divers composés, supposaient nécessairement l'existence d'une quantité déterminée de ces corps, jouant un rôle distinct, et pour laquelle on employait indifféremment les termes d'atome, d'atome composé, de molécule, de particule, et bien souvent aussi, bien à tort, il est vrai, celui d'équivalent. Rien n'est plus convenable que de fixer dorénavant le mot de molécule pour exprimer cette quantité.

Quant aux corps simples, il suffit de lire l'introduction du Traité de chimie de M. Dumas (1828, p. 40) pour y voir la notion exacte de la molécule actuelle, seulement le sens des termes est interverti ; il appelle « *atomes*, les groupes de molécules chimiques qui existent isolés dans les gaz. »

Les théories nouvelles n'auraient donc fait que déterminer d'une manière plus précise l'application du terme de molécule pour désigner de certaines quantités de chaque corps dont la notion distincte existait déjà, mais pour lesquelles on employait souvent des dénominations vagues ou incorrectes ; mais elles y ont ajouté l'énonciation d'un principe absolu permettant de déterminer rigoureusement le poids moléculaire de tous les corps, simples ou composés, dont on peut mesurer la densité à l'état de gaz ou de vapeur. En effet, les molécules de tous les corps occuperaient des volumes égaux à l'état gazeux, en sorte que leurs poids seraient proportionnels aux densités sous cet état.

Reste à savoir si ce principe fondamental est l'expression d'une véritable loi naturelle, ou s'il n'est qu'une hypothèse, ou, si l'on veut, une définition conventionnelle. A cet égard, il faut traiter séparément des corps composés et des corps simples.

Pour les corps composés, pour lesquels, comme nous l'avons dit plus haut, la molécule n'est autre chose que ce que l'on appelait jadis l'atome composé, on sait en effet que presque tous obéissent à cette loi générale, leur molécule correspondant à deux volumes si l'on fait usage des nouvelles notations (quatre pour les anciennes formules). C'est un progrès incontestable de la chimie organique d'avoir fait successivement disparaître presque toutes les exceptions apparentes qui masquaient jadis la généralité de cette loi. Cependant il en reste encore plusieurs, portant sur des corps, pour lesquels il ne peut y avoir aucun doute, ni sur leur formule, ni sur la détermination de leur densité, par exemple le chlorhydrate d'ammoniaque AzH^4Cl, ou l'acide sulfurique SO^4H^2.

On a essayé de supprimer ces exceptions, en supposant que les corps qui les présentent n'existent plus en réalité aux températures auxquelles on a essayé de déterminer leur densité de vapeur, et que l'on n'opère dans ces conditions que sur les produits de leur décomposition. Cette supposition est fondée sur les remarquables expériences de M. H. Deville sur les phénomènes de décomposition ou de dissociation des corps par la chaleur. Il est probable, en effet, que cette cause expliquerait quelques-unes des anomalies observées, mais nous ne pouvons croire qu'elle les explique toutes. Pour le chlorhydrate d'ammoniaque, en particulier, l'expérience si ingénieuse faite récemment par M. H. Deville[1] nous paraît exclure absolument cette interprétation. Il a montré, en effet, qu'à la température du mercure bouillant la densité de vapeur de ce sel correspond exactement à 4 volumes (8

[1] Comptes rendus, 20 avril 1863.

suivant les anciennes formules), et que le gaz ammoniac et le gaz acide chlorhydrique, introduits ensemble dans un vase chauffé à cette même température, déterminent par leur combinaison un dégagement de chaleur considérable susceptible de porter la température à 394°,5 malgré des causes actives de refroidissement. Il est donc impossible d'admettre que la vapeur du sel ammoniac à 350° ne soit qu'un mélange de gaz ammoniac et d'acide chlorhydrique. On peut ajouter qu'il semble résulter d'une manière générale des expériences de M. Deville que, dans les phénomènes de dissociation, la décomposition n'atteint le plus souvent qu'une partie du composé, en sorte que l'on ne devrait probablement invoquer l'intervention de cette cause que dans les cas où la détermination de la densité de vapeur donnerait un nombre intermédiaire entre la densité théorique, calculée pour deux volumes, et la densité correspondant à l'état de simple mélange des éléments.

Ainsi, jusqu'à présent, il paraît impossible de considérer comme absolu le principe de l'égalité de volume, à l'état gazeux, des molécules des corps composés.

Quant aux corps simples, la question sort du domaine de l'expérience. Si l'on se bornait à les comparer entre eux, elle se réduirait à une simple définition arbitraire, établissant l'identité des volumes gazeux et des molécules. Mais la prétention de soumettre les molécules des corps simples à la même loi que celles des corps composés, et d'exiger, par conséquent, qu'elles correspondent toujours à deux volumes gazeux, conduit nécessairement à admettre que pour un grand nombre de corps simples (oxygène, azote, hydrogène, chlore, brome, iode, etc.) la molécule est formée de deux atomes, et comme la mo-

lécule exprime toujours la plus petite quantité d'un corps qui puisse exister à l'état libre, on arrive à ce résultat, au moins singulier, qu'il ne peut se passer aucune réaction chimique dans laquelle interviendrait, soit comme agent, soit comme produit, un seul atome de ces corps.

Pour justifier cette conséquence, il ne nous semble pas qu'il y ait jusqu'ici des arguments assez forts pour vouloir ainsi soumettre à un même principe les molécules des corps simples et celles des corps composés.

Dira-t-on que nous ignorons en réalité si les soi-disant éléments chimiques sont bien réellement des corps simples, et qu'il n'y a par conséquent pas de raison pour leur appliquer une autre loi qu'aux corps composés? Mais il nous semble justement que dans une question aussi délicate il ne faut pas vouloir devancer l'expérience, et poser *à priori* une loi dont aucun fait ne garantit l'exactitude, pour se conformer à une hypothèse qui, dans l'état actuel de nos connaissances, peut encore paraître la moins probable.

On a invoqué aussi comme argument l'avantage de faire disparaître les anomalies jusqu'ici inexplicables que l'on rencontre, lorsqu'on veut fixer les poids atomiques des corps simples d'après leurs volumes gazeux. En effet, tandis que pour la plupart un volume correspond à un atome, celui du phosphore et de l'arsenic correspond à deux atomes de ces corps, et pour le mercure, au contraire, un atome occuperait deux volumes. Cette anomalie disparaîtrait en effet, mais elle serait remplacée par une autre du même genre, puisqu'il faudrait admettre que tandis que la molécule de la plupart des corps simples est formée de deux atomes, celle du phosphore et de l'arsenic serait composée de quatre atomes, tandis que celle

du mercure ne serait formée que d'un atome unique. Nous ne voyons pas quel avantage il y a à cette transformation de la difficulté.

Enfin on s'est appuyé sur l'avantage d'introduire une plus grande symétrie dans les formules, et plus d'analogie dans un grand nombre de réactions simples qui, au lieu d'être déterminées par des causes de diverses natures, rentreraient suivant la nouvelle théorie dans la grande classe des doubles décompositions. Ainsi la combinaison de deux corps simples, comme l'oxygène et l'hydrogène, ou le chlore et l'hydrogène, et inversément les décompositions comme celles de l'acide chlorhydrique par l'étincelle électrique, de l'eau par le courant voltaïque, etc., tous ces phénomènes deviennent des doubles décompositions :

$$\left.\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}H^2\\H^2\end{matrix}\right\} = \left.\begin{matrix}O\\H^2\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}H^2\\O\end{matrix}\right\}, \quad \left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\} = \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right\} \text{ etc.}$$

Nous ne sommes pas frappé de cet avantage, qui n'est pas en tout cas une simplification. D'un autre côté, l'adoption de cette théorie entraîne souvent des conséquences assez singulières. L'ammoniaque $Az\,H^3$ est décomposé par la chaleur seule en azote et hydrogène; mais les partisans de la théorie moléculaire doivent admettre que s'il était possible de chauffer une molécule unique de ce corps, elle resterait indécomposable à toute température, puisqu'elle ne renferme pas des quantités d'azote ou d'hydrogène susceptibles de former des molécules de ces gaz. L'eau est décomposée par le chlore sous les rayons solaires :

$$H^2O + 2\,Cl = 2\,HCl + O,$$

mais cette action du chlore ne pourrait pas s'exercer sur

une molécule d'eau unique, puisque son atome d'oxygène ne pourrait pas exister à l'état isolé. Ou bien faudrait-il supposer qu'on obtiendrait dans ces réactions, et dans une foule d'autres semblables, les corps simples sous de nouveaux états? N'y aurait-il pas tout un traité de chimie hypothétique à faire pour résoudre ces difficultés?

Nous ne verrions d'ailleurs aucune difficulté à admettre que la molécule d'hydrogène est simplement représentée par H, tandis que l'on est forcé d'admettre que les molécules des radicaux composés tels que l'éthyle, le méthyle, etc., ont une constitution plus complexe et doivent se représenter par

$$\left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix}\right\}, \quad \left.\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\right\}, \text{ etc.}$$

En effet, si l'on ne peut mettre en doute l'analogie du rôle chimique que jouent dans toutes leurs combinaisons les atomes d'hydrogène et ceux de ces radicaux organiques, on observe au contraire de très-grandes différences dans les propriétés de ces corps à l'état de liberté. L'impossibilité d'obtenir directement des combinaisons de ces radicaux avec l'oxygène, le chlore, etc., tandis qu'elles se produisent si facilement avec l'hydrogène, ne semble-t-elle pas indiquer la différence plutôt que l'identité de leur constitution moléculaire ?

Telles sont les considérations qui font que nous avons beaucoup de doutes sur la convenance d'admettre soit pour les molécules des corps composés, soit pour celles des corps simples, le principe absolu de l'égalité de volume à l'état gazeux. Mais nous croyons qu'il est tout à fait indépendant du nouveau système de notations, et surtout des nouvelles théories sur la constitution des com-

posés organiques qui ont conduit les chimistes à reprendre, avec les modifications nécessaires, l'usage des formules atomiques.

Nous nous sommes laissé entraîner à exposer un peu longuement notre manière de voir sur ce sujet, parce que c'est le seul point sur lequel nous ne nous sommes pas trouvé en parfaite conformité de vues avec M. H. Kopp.

C. Marignac.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Carl GEGENBAUR. RECHERCHES SUR L'ANATOMIE COMPARÉE DE LA COLONNE VERTÉBRALE CHEZ LES AMPHIBIES ET LES REPTILES (*Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsæule bei Amphibien und Reptilien.* Leipzig, 1862, grand in-4°.) — C. BRÜCH. UEBER DIE VERKNŒCHERUNG, etc. SUR L'OSSIFICATION DE LA COLONNE VERTÉBRALE CHEZ LES BATRACIENS (*Würzburger naturw. Zeitschrift*, 1862. Bd. III, S. 225).

Un grand nombre de recherches relatives au développement de la colonne vertébrale ont été faites depuis une trentaine d'années. Elles ont toutes convergé vers des résultats à peu près identiques. Toutes ont montré que l'axe vertébral est formé dans le principe chez tous les vertébrés par la corde dorsale. Cet organe représente même la totalité de la colonne vertébrale pendant toute la vie chez l'Amphioxus. Chez beaucoup d'autres poissons il persiste également dans son entier toute la vie durant, mais il s'entoûre de pièces cartilagineuses articulées en segments vertébraux. Chez les Sélaciens, la corde dorsale est peu à peu resserrée et même remplacée par des anneaux vertébraux de nature cartilagineuse et ne subsiste plus que dans les espaces intervertébraux. Elle subit le même sort chez les téléostéens, dont les vertèbres sont osseuses. Il en est de même chez beaucoup d'amphibies dont les vertèbres sont biconcaves comme celles des poissons, la corde dorsale subsistant dans les espaces intervertébraux. Chez les autres amphibies, cet état n'est que provisoire pendant le jeune âge. Les restes intervertébraux de la corde dorsale disparaissent, les

vertèbres s'articulant par des surfaces convexo-concaves. Mais c'est toujours au milieu de la vertèbre que l'étranglement de la corde dorsale commence. Les choses se passent de la même manière chez les oiseaux et les mammifères, seulement on voit persister un reste de la corde dorsale chez ces derniers dans les ménisques intervertébraux, tandis que dans le corps de la vertèbre même il n'en reste pas de traces. Tels sont les résultats auxquels sont arrivés jusqu'ici tous les observateurs. Des divergences d'importance secondaire se sont seulement manifestées au sujet de la part que la gaîne de la corde dorsale prend à la formation de la vertèbre.

Les opinions les plus accréditées ne sont point toujours parfaitement justes. Aussi ne faut-il point trop s'étonner de voir les anatomistes d'aujourd'hui faire au tableau que nous venons d'esquisser d'importantes corrections. M. Gegenbaur, en étudiant la colonne vertébrale de certains amphibies (Cœcilies, Perennibranches, Derotrèmes), fut frappé d'un fait qui avait passé inaperçu jusqu'alors. Au milieu de chaque vertèbre, la corde dorsale était divisée par un septum transversal de nature cartilagineuse. Jusque là rien de bien étonnant, ce point étant celui où, d'après les auteurs, la corde dorsale commence à être étranglée par le cartilage ou l'os péricordal. Toutefois un examen attentif enseigna bientôt à M. Gegenbaur que le septum en question ne pouvait être résulté de l'étranglement de la corde dorsale par un anneau cartilagineux. En effet, il était formé par une masse cartilagineuse située *à l'intérieur* de la gaîne de l'organe. C'était du cartilage formé dans le tissu même de la corde dorsale et point à l'extérieur de cet organe, comme on l'avait admis jusqu'à présent. Une pareille découverte était bien propre à stimuler l'esprit investigateur de M. Gegenbaur. Ce savant a repris l'étude de la formation des vertèbres dans les différentes classes de vertébrés et plus particulièrement chez les reptiles et les amphibies. Il consigne aujourd'hui les résultats auxquels il est arrivé dans le bel ouvrage que nous avons sous les yeux, et nous montre que l'évolu-

tion des vertèbres n'a point lieu dans toute la série des vertébrés d'une manière aussi parfaitement uniforme qu'on l'avait admis jusqu'ici.

La forme la plus simple de l'axe des vertébrés, telle qu'elle est réalisée chez les embryons des poissons, est constituée comme suit : une corde dorsale uniforme dans toute sa longueur est enfermée dans sa gaîne. Tout autour est un tissu qu'on peut appeler *couche scelettogène*, tissu dans lequel sont pratiqués le canal médullaire au-dessus de la corde, et dans la région caudale le canal hypocordal au dessous de cet organe.

Cette forme élémentaire étant prise comme point de départ, les lamproies nous fournissent un premier exemple de complication par la formation d'arcs cartilagineux au moyen d'une différenciation de tissu dans la couche scelettogène. C'est le premier indice d'une segmentation en vertèbres. La vertèbre, sous sa forme la plus élémentaire, la *vertèbre primordiale*, pour parler avec M. Gegenbaur, est donc formée d'un bout de corde dorsale dans sa gaîne, avec des arcs vertébraux inférieurs et supérieurs s'appuyant sur cette gaîne.

Les complications de cette vertèbre primordiale ont lieu chez les poissons suivant trois directions : les téléostéens, les sélaciens et les ganoïdes.

Chez les téléostéens on voit apparaître un anneau osseux autour de la corde dorsale de chaque vertèbre primordiale. Cet anneau est formé du tissu connectif ossifié (sans phase cartilagineuse intermédiaire) présentant tantôt des corpuscules osseux, tantôt des canalicules dentaires, tantôt enfin corpuscules et canalicules à la fois. M. Gegenbaur est peu disposé à admettre que cet anneau osseux se forme dans l'épaisseur de la gaîne de la corde, gaîne qui chez les téléostéens est composée d'*une seule* lamelle. Bien que ses observations sur ce point ne soient point parfaitement concluantes, l'analogie avec ce qui se passe chez d'autres vertébrés le conduit à admettre, contrairement à l'opinion générale, que l'anneau osseux se forme extérieurement à la gaîne.

Quoi qu'il en soit, la croissance du corps de la vertèbre a lieu par l'apposition de nouveaux cercles osseux sur les bords de l'anneau vertébral. Ces cercles étant de plus en plus grands, la vertèbre prend la forme bien connue d'un double cône. La corde dorsale continue de croître, de se développer pour remplir l'intérieur de ces cônes. On voit par là que chez l'adulte la colonne vertébrale ne renferme pas les *restes* de la corde dorsale, mais bien la corde dorsale développée, *accrue*. Au centre de la vertèbre, la corde dorsale apparaît bien comme étranglée, mais cet étranglement n'est point réel. Il résulte simplement de ce que la corde dorsale n'a pu continuer en ce point à s'accroître en diamètre, la formation d'un anneau osseux (virole de Dugès) autour de la vertèbre primordiale ayant mis fin d'une manière mécanique à son développement.

Chez les sélaciens, deux faits importants méritent d'être signalés : la participation, déjà constatée par Joh. Müller et M. Kolliker, de la gaîne de la corde dorsale à la formation de la vertèbre, puis la nature cartilagineuse du tissu qui donne naissance à la vertèbre. Ici la gaîne de la corde dorsale n'est plus composée d'une seule lamelle. Elle est composée de trois couches, dont la médiane est cartilagineuse, les deux autres étant formées de tissu élastique. La couche médiane est la plus épaisse et prend une part essentielle à la formation de la vertèbre. Plus son épaisseur est considérable, plus la couche scelettogène est mince. — Non-seulement la couche médiane de la gaîne de la corde dorsale est cartilagineuse, mais encore la couche scelettogène prend bientôt la même nature, tandis que rien de semblable n'a lieu chez les téléostéens. Ce fait a une grande importance. En effet, chez les amphibies, les reptiles, les oiseaux et les mammifères, nous voyons se former aussi dans le principe des vertèbres cartilagineuses. Elles ne sont, il est vrai, que provisoires, mais la formation de tissu osseux dans la colonne vertébrale a lieu à une époque d'autant plus tardive qu'on s'élève dans l'échelle des vertébrés depuis les amphibies jusqu'aux mammifères. Si donc les sélaciens

représentent, au point de vue du squelette, un état inférieur à celui des mammifères, des oiseaux, des reptiles et des amphibies, il est en revanche inexact de dire qu'ils sont à cet égard inférieurs aux téléostéens. Ils présentent, au contraire, une persistance d'une phase par laquelle passent tous les vertébrés supérieurs, mais par laquelle ne passent pas les téléostéens. Jusqu'ici les zoologistes rencontraient dans la classification des poissons une difficulté grave; les sélaciens, supérieurs aux téléostéens sous presque tous les points de vue, paraissaient leur être inférieurs au point de vue du squelette. Aujourd'hui cette difficulté peut être considérée comme levée, les observations de M. Gegenbaur enseignant que, même au point de vue du squelette, les sélaciens sont supérieurs aux téléostéens.

Les ganoïdes, relativement peu étudiés jusqu'ici, présentent des degrés très-divers dans le développement des vertèbres. Les esturgeons n'ont que des vertèbres primordiales. Chez les polyptères (et peut-être les amia), la couche scelettogène forme autour de la corde dorsale une enveloppe cartilagineuse qui vient même recouvrir les concavités des corps des vertèbres, et par là ces ganoïdes se rapprochent des sélaciens; mais d'un autre côté on voit se former autour de ce cartilage une couche osseuse, ce qui indique une parenté avec les téléostéens. Plus tard les canaux médullaires de cette couche osseuse se prolongent dans le cartilage sous-jacent. Ces canaux s'entourent de systèmes de lamelles osseuses et le cartilage se trouve ossifié. Enfin les lépidostées présentent un degré de développement supérieur, les corps de leurs vertèbres n'étant plus diconiques et s'articulant les uns avec les autres comme chez des reptiles. Toutefois le mode de formation des vertèbres n'a pas encore été étudié chez ces animaux.

La corde dorsale des amphibies se distingue de celle des sélaciens et des ganoïdes par le développement peu considérable de sa gaîne, qui n'est plus formée que de deux lamelles et souvent même d'une seule. Ces deux lamelles paraissent même être l'homologue de la seule tunique élastique interne des sélaciens. Cette

dernière est seule générale parmi les vertébrés. C'est la véritable gaîne de la corde dorsale. M. Gegenbaur montre que chez les sélaciens la tunique médiane (cartilagineuse) et la tunique externe (élastique) ne sont au fond que des lames différenciées dans la couche scelettogène. Cette différenciation est même parfois très-imparfaite (*Mustelus*, *Spinax*, etc.). Aussi faut-il chercher l'homologue de la tunique médiane (cartilagineuse) des sélaciens dans les cartilages qui, chez beaucoup d'amphibies, se différencient autour de la corde dorsale dans la couche scelettogène. Ces cartilages se présentent généralement sous la forme d'anneaux dont la position est intervertébrale. L'apparition de ces anneaux cartilagineux intervertébraux est un caractère remarquable, puisqu'il fait entièrement défaut aux poissons. En même temps il se forme des anneaux osseux à base de tissu connectif autour de la corde dorsale des vertèbres primordiales. Ces anneaux croissent par apposition de cercles osseux sur les bords, cercles dont le diamètre va toujours croissant. Il en résulte des vertèbres dicones comme celles des poissons. Les bases des cônes vont s'appuyer sur les cartilages intervertébraux et s'unissent aux bases des cônes des vertèbres voisines par du tissu connectif (ligaments intervertébraux).

Les cartilages intervertébraux forment depuis les cécilies et les protées, jusqu'aux salamandres, une série continue, dont les termes ne présentent que des différences quantitatives. L'anneau intervertébral s'épaissit, augmente de diamètre, et vient se glisser, en cheminant vers le centre de la vertèbre, entre la lame osseuse du cône et la tunique de la corde dorsale. En même temps il étrangle la corde dorsale au point où il acquiert le plus d'épaisseur, c'est-à-dire dans l'espace intervertébral. Le grand développement de la corde dorsale dans les espaces intervertébraux, si général parmi les poissons, n'existe que dans le tout premier âge chez les salamandres et les tritons. Bientôt le cartilage intervertébral étrangle la corde en ce point et la réduit à un filet bien plus mince que la partie de la corde qui se trouve renfermée

dans le corps de la vertèbre. Les premières phases du développement de la vertèbre chez les salamandres correspondent à l'état permanent chez les protées et les ménopomes. Dans les phases suivantes, il survient dans chaque cartilage intervertébral une différentiation, une semi-déhiscence par laquelle le cartilage se divise en deux parties, l'une plus antérieure formant la tête d'articulation d'une vertèbre, l'autre postérieure formant la cavité d'articulation de la vertèbre qui suit immédiatement en arrière. L'articulation est, il est vrai, imparfaite; la déhiscence est incomplète, les deux cartilages restant partiellement en continuité par leur substance intercellulaire. Chez les batraciens (anoures) la différenciation est plus profonde que chez les salamandres. La tête d'articulation de chaque vertèbre devient, grâce à une déhiscence complète, entièrement indépendante de la cavité d'articulation de la vertèbre suivante, et il ne reste aucune trace de la corde dorsale au centre des cartilages intervertébraux. En revanche, la partie de la corde dorsale qui se trouve renfermée dans l'intérieur de la vertèbre persiste encore pendant quelque temps, ou même, chez certaines espèces, pendant toute la vie.

Chez les amphibies inférieurs la partie de la corde dorsale qui occupe le milieu de chaque vertèbre se transforme en cartilage, comme nous l'avons dit dans le commencement de cette analyse. Chez les batraciens cette métamorphose ne s'opère plus; il ne faudrait cependant pas voir dans ce phénomène un fait isolé. Déjà, chez beaucoup de téléostéens, on voit le tissu de la corde dorsale se rapprocher de la nature du cartilage par la formation d'une masse intercellulaire plus abondante. Chez les amphibies inférieurs ce tissu se métamorphose en cartilage incontestable au milieu de chaque vertèbre, ainsi chez les ménopomes et les axolotls; mais déjà chez les salamandres et les tritons ce cartilage est moins important et n'est que provisoire. Chez les adultes on n'en trouve plus que des traces, ou même il disparaît entièrement, envahi qu'il est par les canaux médullaires pro-

cédant des cartilages intervertébraux. Chez les véritables batraciens, enfin, il ne se forme jamais de cartilage intracordal: toutefois la partie de la corde dorsale, qui est renfermée dans le centre de chaque vertèbre, persiste fort longtemps, ou même toute la vie durant, chez les grenouilles. Chez les crapauds, les rainettes et les alytes, elle disparaît peu avant que l'animal ait achevé sa croissance.

Le tissu cartilagineux joue donc chez les amphibies son principal rôle comme cartilage intervertébral, mais il ne faut pas oublier que chez quelques-uns une mince couche de cartilage s'étend de chaque anneau cartilagineux intervertébral tout autour de la corde dorsale jusqu'aux cartilages intervertébraux suivants. Les cartilages intervertébraux ne sont donc que des épaississements annulaires d'un tube cartilagineux différencié dans la couche scélettogène.

Chez les reptiles les choses se passent de même avec la différence que le tissu cartilagineux (sauf chez les ascalabotes ou geckoniens à vertèbres biconcaves) prend un développement plus considérable. Comme chez les amphibies, c'est dans la vertèbre que la corde dorsale persiste le plus longtemps et elle est étranglée dans les espaces intervertébraux par le cartilage intervertébral. Celui-ci se divise plus tard par déhiscence en deux parties dont l'une forme la tète d'articulation du corps d'une vertèbre et l'autre la cavité d'articulation de la vertèbre suivante.

Chez les oiseaux on retrouve la même série de phénomènes. Les vertèbres primordiales (*Urwirbel* de M. Remak) forment par la succession de leurs corps un tube cartilagineux autour de la corde dorsale. Bientôt les limites de ces vertèbres primordiales disparaissent par suite de l'apparition des cartilages intervertébraux aux points de contact des vertèbres les unes avec les autres. Plus tard il se forme, comme chez les amphibies et les reptiles, une déhiscence dans chaque cartilage intervertébral. Par suite de cette déhiscence chaque cartilage se divise en deux moitiés, dont l'une appartient à une vertèbre et l'autre à la vertèbre

immédiatement contiguë. Ce phénomène de déhiscence a déjà été observé par M. Remak, qui l'a décrit sous le nom de seconde segmentation de la colonne vertébrale ou vertèbre (*Neugliederung der Wirbelsæule*). Ces cartilages intervertébraux sont, il est vrai, moins développés que chez les reptiles, mais leur présence n'en entraîne pas moins un étranglement intervertébral et, par suite, un élargissement vertébral de la corde dorsale. La disparition des restes de la corde dorsale s'opère sans doute comme chez les oiseaux.

Enfin chez les mammifères tout paraît se passer à peu près comme chez les oiseaux. Les premières traces d'ossification apparaissent à une époque où la corde dorsale est déjà complétement atrophiée par la croissance du cartilage. Cette ossification tardive explique la disparition complète de la corde dorsale dans le corps de la vertèbre. En effet, partout où du tissu osseux se forme autour de la corde dorsale, celle-ci se maintient plus longtemps que là où elle est entourée de cartilage.

A peu près à l'époque où le bel ouvrage de M. Gegenbaur voyait le jour, M. Bruch, qui n'en est pas à son coup d'essai dans ce genre de recherches, publiait un mémoire fort intéressant sur l'ossification de la colonne vertébrale chez les batraciens. L'auteur discute avec soin une question fort controversée, celle de savoir si l'ossification a lieu dans une base de tissu connectif ou dans une base de tissu cartilagineux. Nous avons vu M. Gegenbaur résoudre cette question en montrant que les deux modes d'ossification se présentent. M. Bruch cherche à terminer la discussion d'une autre manière. L'ossification aurait lieu, selon lui, dans un cartilage qui n'aurait pas encore atteint, histologiquement parlant, les caractères du cartilage. Cette vue peut paraître bien spécieuse. Cependant il ne faut pas oublier qu'il n'est pas toujours facile de distinguer entre ce qui est cartilage et ce qui ne l'est pas. N'avons-nous pas vu, même avec M. Gegenbaur, s'opérer dans l'épaisseur de la couche scélettogène d'abord uniforme, une différenciation cartilagineuse, une cartilaginification gra-

duelle? La discussion menace donc de dégénérer en dispute de mots.

Nous n'insisterons pas sur le fait que M. Bruch parle chez les batraciens d'une tunique externe de la corde dorsale, tunique dont M. Gegenbaur nie l'existence. En effet, la tunique dont parle M. Bruch est cartilagineuse, et coïncide par conséquent avec le tube cartilagineux que M. Gegenbaur a vu se différencier dans la couche scélettogène.

Remarquons enfin qu'au point de vue de la formation des articulations vertébrales au moyen d'une déhiscence du cartilage intervertébral, M. Bruch paraît partager aujourd'hui les vues de M. Gegenbaur. — M. Bruch avait d'ailleurs décrit précédemment le même mode de formation pour d'autres articulations.

Prof. Ed. Grube. Noch ein Wort, etc. Encore un mot sur les annélides et sur leur position dans le système des annélides. (*Archiv für Naturgeschichte*, 1862, IV. Heft, S. 366.

La position des capitelles est restée longtemps indéterminée. La plupart des zoologistes, suivant l'exemple de Cuvier et de M. Milne Edwards, ont placé ces annélides auprès des oligochètes (lombricinés). D'autres, M. Grube en particulier, se rangeant à une opinion déjà émise par Savigny et Lamarck, leur ont assigné une place à côté des arénicoles et des térebelles. Aujourd'hui M. Grube vient étayer cette dernière opinion d'arguments nouveaux. Il fait justement remarquer combien la question est aujourd'hui plus facile à résoudre, grâce aux recherches anatomiques récentes de M. Sars sur les notommastus et de M. Grube lui-même sur les dasybranchus (deux genres que l'auteur considère avec raison comme intimement liés aux capitelles), ainsi qu'à celles de M. van Beneden, de M. d'Udekem et de M. Claparède sur les capitelles proprement dites. Les recherches de tous ces observateurs tendent à montrer que l'organisation des capitelles est beaucoup plus voisine de celle des polychètes que de celle des oligochètes, bien

que M. van Beneden les appelle des lombricinés dioïques à circulation dégradée. Il est parfaitement vrai qu'au point de vue de la circulation les capitelles occupent une position inférieure, mais cette dégradation s'observe également chez d'autres polychètes, par exemple chez les glycères. En résumé, M. Grube pense que l'on doit considérer les capitelles comme formant une famille propre dans le groupe de polychètes. Cette conclusion sera vraisemblablement admise. En effet, M. Keferstein et M. Claparède, dans des mémoires qui ont été publiés à peu près en même temps que celui de M. Grube, sont arrivés exactement aux mêmes conclusions que ce dernier.

Fritz Müller. Bruchstücke, etc. Fragments relatifs a l'évolution des stomatopodes. (*Archiv für Naturgeschichte*, 1862, p. 353.)

On connaît depuis longtemps la singulière phase de zoëa par laquelle passent les jeunes crabes et les jeunes pagures. M. Fritz Müller a récemment montré que les Porcellana présentent une phase toute semblable. Enfin cet observateur infatigable décrit aujourd'hui des phases larvaires tout à fait analogues chez les stomatopodes. Il existerait même chez ces crustacés, au dire de cet auteur, outre des formes pour ainsi dire dépourvues de métamorphoses, des formes qui quitteraient l'œuf sous forme de zoëa et d'autres qui, naissant sous la forme d'une larve-monocle, comparable aux larves de cirripèdes, passeraient ensuite par une phase de zoëa, puis par une phase analogue aux mysis pour arriver enfin à l'état parfait. Ces observations ont été faites à Desterro (Brésil).

M. Müller combat le parallèle qu'on a essayé d'établir entre la série des segments des insectes et celle des crustacés. Ce parallèle ne lui semblerait guère possible qu'entre les insectes et certaines zoëa qui, comme celle des pagures, ont trois paires d'appendices buccaux, trois paires d'appendices locomoteurs (devenant

plus tard des pieds mâchoires) et un abdomen (ou plutôt un post-abdomen) dépourvu d'appendices. Toutefois les segments porteurs des cinq paires de pieds proprement dites apparaissent plus tard en avant de l'abdomen (lisez plutôt postabdomen) et cela prouverait, selon M. Müller, que ces segments sont une espèce de supplément du thorax, supplément qui ferait défaut aux insectes. Cette interprétation nous paraît erronée. Le postabdomen des zoëa n'est en effet point identique à l'abdomen des insectes. Chez tous les arthropodes le rudiment embryonnaire ne comprend dans le principe que le capuchon céphalique (lobes procéphaliques) et le capuchon anal qui se transforme en postabdomen. Les nouveaux segments apparaissent toujours immédiatement en avant du postabdomen. Il est vrai que chez certains arthropodes le post-abdomen est très-court ou même rudimentaire. C'est le cas en particulier pour les insectes.

Enfin M. Müller consacre son attention aux bâtonnets portés par les antennes de divers crustacés. Ces organes ont déjà été étudiés par MM. Schödler, Leydig, Max Schultze, de la Valette, etc. M. Müller les a observés chez divers copépodes, chez des larves de balanes et de rhizocéphales (sacculinides), chez les bopyres, les tanaïs et d'autres isopodes, chez les caprelles, les gammarus, les hyperia, les cuma, les bodotria et tous les crustacés podophthalmes. Il pense pouvoir leur attribuer les fonctions d'organes de l'odorat. Leur position chez les crabes ne permet guère de les considérer comme ayant des fonctions tactiles.

Prof. Henri-James Clark. Prodromus, etc. Prodrome de l'histoire, la structure et la physiologie de l'ordre des Lucernaires (*Journal of the Boston Soc. nat. hist.*, Mars 1863.) — *Le même*. Le genre Lucernaire cœnotype des acalèphes (*American Journal of Sciences, etc.* vol. XXXX, 1863).

En même temps que M. Keferstein étudiait avec soin les lucernaires sur les zostères de la côte de Normandie, M. Clark consa-

crait son attention à celles qui vivent sur la même plante le long de la côte américaine. Il arrivait comme lui et comme M. Strethill Wright à la conclusion que ces animaux ne sauraient être séparés des Acalèphes. Il établit cette vérité aujourd'hui incontestable par un parallèle détaillé entre une Lucernaire et une Aurélie. A certains égards les Lucernaires paraîtraient, selon M. Clark, devoir occuper la position la plus élevée parmi les Acalèphes. Il pense en trouver la preuve dans le tissu gélatiniforme très-complexe et très-spécialisé de leurs organes, dans le grand développement et le groupement particulier de leurs muscles, dans la forme bilatérale de leurs organes reproducteurs, dans l'existence d'organes préhensiles de deux espèces. A d'autres égards cependant les Lucernaires paraissent au contraire devoir occuper une position relativement inférieure parmi les Acalèphes. Elles ne s'élèvent, en effet, pas au-dessus de la forme hydraire ; leur système chymifère est à peine plus complexe que celui d'une tubulaire ou d'une Corymorphe. Enfin elles sont dépourvues de velum sans qu'il soit possible de rapprocher ce fait de l'absence de velum chez les stéganophthalmes (méduses acraspédotes), car ces dernières ont toujours un velum pendant leur phase d'éphyre, tandis que les Lucernaires n'en possèdent à aucune époque de leur développement.

Les Lucernaires paraissent donc à M. Clark avoir autant d'affinité avec les gymnophthalmes qu'avec les stéganophthalmes. Il pense d'ailleurs qu'elles doivent former un ordre à part à cause des éléments de leurs sacs génitaux qui sont distincts soit de ceux des stéganophthalmes, soit de ceux des gymnophthalmes. Il les considère par suite comme le *cœnotype*, c'est-à-dire le type commun des Acalèphes.

L'auteur présente une étude critique des genres et des espèces constituant le groupe des Lucernaires. Il montre que les zoologistes n'ont pas toujours basé leurs distinctions sur les meilleurs caractères. La présence ou l'absence d'auricules en particulier, n'a aucune valeur spécifique aux yeux de M. Clark. L'absence de

ces organes proviendrait toujours ou d'une atrophie accidentelle ou d'une lésion. A partir du moment de la ponte du crabe le plus commun sur la côte des États-Unis (*Platycarcinus irroratus*), M. Clark a vu disparaître graduellemet les auricules des Lucernaires. Lorsque ces acalèphes sont attaqués par les jeunes crabes, ils se replient sur eux-mêmes, mais les auricules, continuant à faire saillie, deviennent facilement la proie de ces crustacés. De là la disparition de ces organes.

Dr Alex. Schneider. Ueber Vermehrung, etc. Sur l'augmentation des cellules épithéliales de la cornée. (*Würzb. naturwiss. Zeitschrift*, III B., II H.)

Les changements que subissent les cellules sont en général assez faciles à observer pendant l'état embryonaire des animaux, mais il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de tissus compactes chez des animaux adultes. Les observations de ce genre manquaient surtout pour ce qui concerne l'augmentation des cellules dans l'épithelium, où il y a production de nouvelles cellules chez l'adulte. L'auteur a choisi, comme objet de ses recherches, la cornée transparente sur laquelle il a provoqué quelquefois une augmentation plus rapide des cellules en l'irritant avec du nitrate d'argent. Les yeux employés provenaient du veau, du lapin, du chat, des souris, des grenouilles, etc. En se servant d'une solution de potasse de 35° - 37° pour désagréger les cellules, M. Schneider est arrivé au résultat suivant : L'augmentation des cellules a lieu par la division du nucléus de la cellule et par la formation d'une cloison entre les deux parties séparées du nucléus, de telle manière que la cellule se divise en deux.

J.-B. S.

L. Seuffert. Ueber das Vorkommen... Sur l'existence et les fonctions des muscles lisses dans la peau des mammifères et des oiseaux. (*Würzb. naturw. Zeitschrift*, v. III, p. 112.)

Dans ce travail couronné par la Faculté de médecine de Würzbourg, l'auteur commence par donner l'historique de la question et un examen critique des méthodes et réactifs employés Ses propres recherches l'ont conduit aux résultats suivants :

Les muscles lisses se trouvent dans la peau des mammifères pourvus de poils ; leur nombre semble être en rapport avec la quantité de poils qui se trouvent implantés dans la peau. Les muscles des follicules pilifères forment des faisceaux allongés naissant de la surface du derme et s'insérant à la base des follicules ; il existe également un rapport constant entre les muscles lisses des follicules pilifères et la sécrétion des follicules sébacés de la peau. Ces muscles lisses produisent ainsi le mouvement particulier qu'exécutent les poils et les cheveux lorsqu'ils se dressent. Ces mêmes muscles sont très-répandus chez les oiseaux, où ils ont les mêmes fonctions par rapport aux plumes que chez les mammifères par rapport aux poils. Les fibro-cellules des muscles lisses, garnies de leur grand nucléus ovoïde, se réunissent en faisceaux musculaires larges, qui forment un système complétement distinct des muscles à fibres striées placés sous la peau.

J.-B. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1863.

Le 1er, couronne lunaire depuis 8 h. 45 m. du soir.

4, deux orages éclatent dans la soirée et traversent la vallée de l'Ouest à l'Est ; le premier passe au Nord de l'Observatoire ; de fortes décharges électriques ont lieu au Nord-Ouest et au Nord entre 7 h. 15 m. et 7 h. 30 m. Le second passe au Sud de l'Observatoire : éclairs et tonnerres de 7 h. 30 m. à 9 h. 30 m.

7, halo solaire partiel de 8 h. à 8 h. 25 m. et de 9 h. 45 m. à 10 h. 15 m.

21, le baromètre a baissé très-rapidement dans la journée ; à 6 h. du matin il marquait 721mm,14 et à 6 h. du soir 712mm,39. Cette forte baisse était accompagnée d'oscillations irrégulières, dont la plus forte a eu lieu vers 7 h. du soir ; on a observé à 6 h. 30 m. 712mm,04 ; à 6 h. 45 m. 711mm,92 : à 7 h. 713mm,57 ; à 7 h. 5 m. 714mm,07 ; à 7 h. 10 m. 713mm,82 ; à 7 h. 15 m. 714mm,02 ; à 7 h. 20 m. 714,25, etc. De 6 h. 53 m. à 7 h. 7 m., pendant la hausse rapide du baromètre, il est tombé une averse d'une violence excessive, qui a fourni la plus grande partie des 33mm d'eau marqués pour ce jour.

22 et le 23, il est tombé de la neige sur le Jura et sur le Môle jusqu'à mi-hauteur ; cette neige a disparu entièrement le 28.

24 et 25, la pluie tombée pendant ces deux jours est très-exceptionnelle ; elle a commencé le 24, un peu après 6 h. du matin, et elle a duré jusqu'au 25 à 6 h. du soir, pendant 36 heures, avec une seule heure d'interruption. La quantité tombée pendant ce laps de temps s'élève à 118mm,7 ; l'abondance a été toujours en croissant; dans la journée du 24, il en tombait un peu plus de 2 millimètres par heure, dans la nuit du 24, au 25 un peu plus de 3 millimètres, dans la matinée du 25, 4 millimètres, enfin de midi à 6 h. du soir $5^1/_2$ millimètres par heure. Cette pluie diluvienne a été accompagnée d'un autre phénomène atmosphérique non moins exceptionnel ; depuis le 24, à 11 h. du soir, jusqu'au 25, à 6 h. du soir, par conséquent pendant 19 heures, on n'a pas cessé d'entendre le tonnerre : les décharges électriques étaient non-seulement fréquentes, mais d'une grande violence ; la foudre est tombée sur plusieurs points de la ville et dans ses environs. On a observé également dans la journée du 25 des oscillations irrégulières du baromètre, remarquables par leur rapidité et leur amplitude ; ainsi on a noté à 7 h. 30 m. du matin 723mm,42 ; à 7 h. 35 m. 723mm,27 ; à 7 h. 40 m. 723mm,40 , à 7 h. 50 m.

724mm,15 ; à 7 h. 55 m. 723mm,95 ; à 8 h. 723mm,82 : à 8 h. 10 m. 724mm,00 ; à 8 h. 15 m. 724mm,30 ; à 8 h. 25 m. 724mm,25 ; à 8 h. 30 m. 723mm,72, à 8 h. 40 m. 724mm,10 ; à 8 h. 45 m. 723mm,60 ; à 8 h. 50 m. 724mm,05 ; à 8 h. 53 m. 724mm,40, etc.

30, halo solaire partiel à plusieurs reprises, entre 11 h. et 4 h.

Pendant ce mois, il y a eu de fortes rosées, dans les matinées des 2, 9, 12, 13, 14, 15, 16. 17, 18, 19, 28 et 30.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 5, à 8 h. matin...	731,97	Le 3, à 10 h. matin ...	722,42
8, à 10 h. matin ...	730,44	7, à 4 h. soir.....	728,30
12, à 8 h. matin ...	734,73	10, à 6 h. matin....	726,40
18, à 8 h. matin..	731,30	16, à 4 h. soir.....	728,66
27, à 8 h. soir.....	731,98	22, à 4 h. soir.....	709,09

GENÈVE. — Septembre 1863.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim	o	o	o	o	mm.	mm.					mm.				o	o	pouces
1	729,72	+ 2,23	+16,57	+0,25	+12,7	+22,0	10,36	+0,18	758	+ 10	520	930	0,1	1	variable	0,66	18,8	+ 0,6	62,0
2	727,02	— 0,44	+15,20	—1,01	+11,5	+19,0	11,02	+0,87	864	+113	720	980	2,6	2	variable	0,91	18,7	+ 0,6	62,0
3	723,92	— 3,51	+14,70	—1,40	+14,2	+16,0	11,94	+1,83	979	+225	830	1000	35,3	17	variable	0,97	18,7	+ 0,6	63,5
4	728,39	+ 0,99	+17,15	+1,17	+11,6	+23,0	11,39	+1,31	790	+ 34	570	970	9,4	6	variable	0,37	18,9	+ 0,9	65,0
5	730,96	+ 3,60	+15,72	—0,14	+12,2	+20,2	7,82	—2,22	620	—139	430	740	...	.	SSO. 1	0,29	17,2	— 0,7	65,5
6	730,12	+ 2,79	+14,41	—1,33	+10,2	+18,4	7,77	—2,23	648	—113	480	710	..	..	SSO. 1	0,51	.	....	65,5
7	728,96	+ 1,66	+13,83	—1,79	+ 8,3	+18,7	7,64	—2,32	669	— 95	500	890	0,5	1	SSO. 1	0,90	12,8	— 5,0	65,5
8	729,91	+ 2,64	+15,95	+0,45	+11,7	+21,1	9,38	—0,54	725	— 42	480	930	...	..	SSO. 1	0,24	14,0	— 3,7	65,0
9	727,77	+ 0,54	+17,75	+2,38	+ 8,3	+23,5	10,01	+0,13	671	— 98	430	980	...	..	SSO. 2	0,48	15,3	— 2,3	65,0
10	726,81	— 0,39	+16,71	+1,47	+14,2	+21,0	9,84	0,00	720	— 52	510	840	2,3	6	SSO. 2	0,90	...	.....	64,4
11	731,31	+ 4,14	+11,46	—3,65	+ 9,4	+17,5	6,09	—3,71	637	—137	440	770	...	..	N. 1	0,33	13,2	— 4,3	64,0
12	734,07	+ 6,93	+10,22	—4,76	+ 4,1	+16,0	6,92	—2,83	759	— 18	550	970	...	..	N. 1	0,04	14,9	— 2,5	64,0
13	733,93	+ 6,82	+11,69	—3,16	+ 4,2	+19,0	8,30	—1,40	805	+ 25	580	980	...	..	N. 1	0,03	..	.....	63,0
14	733,45	+ 6,38	+13,52	—1,20	+ 5,6	+19,8	8,94	—0,71	771	— 11	490	980	...	..	N. 1	0,19	16,8	— 0,4	62,5
15	731,33	+ 4,29	+13,45	—1,13	+ 8,2	+19,0	9,09	—0,51	801	+ 16	580	940	...	..	variable	0,10	17,1	0,0	61,2
16	729,66	+ 2,65	+15,64	+1,20	+ 7,9	+23,1	9,41	—0,14	734	— 53	410	970	.	..	S. 1	0,32	17,6	+ 0,5	60,0
17	730,33	+ 3,35	+14,22	—0,08	+ 8,9	+19,7	9,37	—0,13	787	— 3	530	950	...	..	variable	0,11	17,8	+ 0,8	59,0
18	730,73	+ 3,78	+13,25	—0,91	+ 7,2	+18,8	9,42	—0,03	834	+ 41	630	980	...	..	variable	0,06	17,7	+ 0,8	58,8
19	730,12	+ 3,21	+16,40	+2,38	+ 8,0	+24,0	9,94	+0,54	719	— 76	460	970	...	..	SSO. 1	0,11	17,8	+ 1,0	58,0
20	727,46	+ 0,58	+17,87	+3,99	+12,1	+23,0	8,54	—0,81	588	—211	410	830	...	..	SSO. 3	0,53	...	.....	56,5
21	717,07	— 9,78	+14,74	+1,01	+12,2	+18,1	10,32	+1,03	851	+ 51	720	870	33,6	14	SSO. 3	1,00	10,9	— 5,7	55,0
22	709,81	—17,01	+ 9,90	—3,68	+ 8,3	+13,2	7,04	—2,19	804	+ 1	600	960	28,3	13	SSO. 2	0,93	7,1	— 9,4	57,0
23	714,68	—12,11	+12,20	—1,23	+ 9,1	+16,4	6,43	—2,74	636	—169	480	730	..	..	SSO. 2	0,56	7,7	— 8,7	57,0
24	721,82	— 4,94	+ 9,79	—3,49	+ 9,5	+13,5	8,91	—0,20	974	+167	810	1000	36,1	15	NNE. 1	1,00	11,7	— 4,6	57,2
25	724,48	— 2,25	+10,80	—2,33	+10,2	+11,8	9,56	+0,51	998	+189	990	1000	82,6	20	variable	1,00	12,9	— 3,3	57,5
26	729,16	+ 2,46	+11,50	—1,48	+10,0	+15,2	8,88	—0,11	904	+ 93	680	1000	3,4	6	variable	0,99	15,8	— 0,3	65,0
27	731,79	+ 5,12	+10,80	—2,02	+ 9,4	+13,2	7,60	—1,33	815	+ 2	690	870	...	..	NNE. 1	0,92	...	...	64,0
28	729,60	+ 2,95	+11,09	—1,57	+ 5,4	+17,7	7,81	—1,06	806	— 9	570	970	...	..	S. 1	0,16	15,2	— 0,7	65,0
29	729,77	+ 3,15	+10,75	—1,75	+ 4,9	+18,8	8,31	—0,50	862	+ 45	640	980	...	..	variable	0,37	15,3	— 0,4	63,5
30	727,11	+ 0,81	+12,12	—0,22	+ 6,8	+17,3	9,21	+0,46	874	+ 55	670	980	..	..	variable	0,40	15,3	— 0,3	63,0

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	728,72	728,79	728,64	728,33	727,86	727,70	727,85	728,49	728,88
2e »	731,72	731,91	731,86	731,18	730,63	730,34	730,41	730,92	731,10
3e »	723,58	723,79	723,85	723,45	723,27	723,09	723,26	724,00	724,25
Mois	728,01	728,16	728,12	727,66	727,25	727,04	727,17	727,80	728,01
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+12,53	+15,19	+17,37	+18,31	+19,55	+19,05	+17,63	+15,86	+14,60
2e »	+ 7,81	+11,99	+15,52	+17,43	+18,90	+18,89	+16,92	+14,13	+12,47
3e »	+ 9,18	+10,67	+12,86	+13,84	+14,05	+13,97	+12,41	+10,97	+10,39
Mois	+ 9,84	+12,62	+15,25	+16,53	+17,50	+17,31	+15,65	+13,65	+12,49
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	9,66	10.33	10,50	9,91	9,77	9,70	10,01	9,60	9,42
2e »	7,42	8.73	9.00	8,96	8,83	8,61	9,35	9,23	8,71
3e »	7,99	8,41	8,70	8,97	8,67	8,55	8,86	8,49	8,47
Mois	8,35	9,16	9,40	9,28	9,09	8,95	9,41	9,11	8,87
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	886	799	714	641	586	599	668	706	756
2e »	933	834	683	605	543	527	648	769	808
3e »	912	876	789	765	737	726	824	870	898
Mois	910	836	729	670	622	617	713	782	821

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+11,49	+20,29	0,62	16,80	50,2	64,3
2e »	+ 7,56	+19,99	0,18	16,61	0,0	60,7
3e »	+ 8,58	+15,52	0,73	12,43	184,0	60,4
Mois	+ 9,21	+18,60	0,51	15,17	234,2	61,8

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,40 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 24^0,5 O. et son intensité est égale à 42 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1863.

Le 26, à 8 h. $^1/_2$ du soir, on a vu un éclair.

SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1863.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
1	568,91	+ 1,13	568,62	569,51	+ 4,23	— 0,50	+ 2,8	+ 8,1	....	3,6	4	NE. 1	0,99
2	567,41	— 0,31	566,75	568,07	+ 4,73	+ 0,09	+ 1,4	+ 6,1	....	0,6	1	SO. 1	1,00
3	565,66	— 2,03	563,52	568,41	+ 5,10	+ 0,55	+ 1,8	+ 6,0	....	53,2	8	SO. 2	1,00
4	570,15	+ 2,52	569,30	570,71	+ 6,13	+ 1,67	+ 4,4	+ 8,8	......	......	......	SO. 1	0,94
5	568,71	+ 1,14	568,34	568,99	+ 3,46	— 0,91	+ 2,0	+ 5,9	......	23,4	4	NE. 1	0,32
6	567,96	+ 0,46	567,23	568,40	+ 2,58	— 1,69	+ 1,2	+ 5,1	......	......	......	NE. 1	0,57
7	568,31	+ 0,88	567,73	569,04	+ 5,36	+ 1,19	+ 3,2	+ 8,8	......	1,1	1	SO. 1	0,87
8	569,08	+ 1,72	568,78	569,37	+ 4,41	+ 0,37	+ 1,8	+ 6,4	......	......	......	NE. 1	0,06
9	569,13	+ 1,84	569,02	569,32	+ 5,64	+ 1,67	+ 3,1	+ 9,2	......	.....	......	SO. 1	0,41
10	566,82	— 0,40	566,23	567,37	+ 4,38	+ 0,51	+ 2,2	+ 7,8	.....	7,6	6	variable	0,78
11	566,47	— 0,68	565,47	568,15	— 3,86	— 7,62	— 4,6	— 2,0	.....	1,1	1	NE. 2	0,96
12	570,23	+ 3,15	568,61	571,52	+ 1,63	— 2,02	— 3,9	+ 6,2	......	......	......	NE. 1	0,02
13	571,73	+ 4,73	571,30	572,00	+ 3,91	+ 0,37	+ 1,7	+ 6,6	......	......	......	NE. 1	0,00
14	571,39	+ 4,47	571,07	571,79	+ 4,00	+ 0,57	+ 3,0	+ 6,8	......	......	......	NE. 1	0,01
15	570,29	+ 3,44	569,89	571,58	+ 6,76	+ 3,44	+ 4,2	+ 9,2	......	......	......	variable	0,00
16	569,47	+ 2,69	569,14	569,81	+ 5,00	+ 1,80	+ 2,8	+ 8,3	......	......	......	NE. 1	0,58
17	569,48	+ 2,78	568,93	569,99	+ 4,03	+ 0,95	+ 1,4	+ 7,2	.....	......	......	NE. 1	0,03
18	570,67	+ 4,05	569,83	571,31	+ 6,80	+ 3,84	+ 3,9	+ 10,4	.....	......	.....	SO. 1	0,00
19	571,16	+ 4,62	570,92	571,36	+ 5,89	+ 3,06	+ 3,1	+ 8,6	......	......	......	SO. 1	0,26
20	568,20	+ 1,74	566,65	569,49	+ 4,19	+ 1,48	+ 3,2	+ 7,0	.....	.....	......	SO. 1	0,94
21	559,59	— 6,79	555,88	563,12	+ 1,72	— 0,87	— 1,5	+ 4,0	.....	31,6	9	SO. 2	1,00
22	549,95	— 16,35	549,44	550,94	— 2,42	— 4,88	— 4,1	+ 1,4	55	19,2	14	NE. 1	0,90
23	555,46	— 10,76	551,70	559,04	— 1,39	— 3,72	— 4,8	+ 1,8	.....	......	......	variable	0,29
24	563,36	— 2,78	560,93	565,33	— 0,96	— 3,16	— 1,7	0,0	......	......	......	SO. 2	1,00
25	564,95	— 1,11	564,55	565,57	+ 1,26	— 0,81	+ 0,4	+ 3,0	....	49,0	20	SO. 2	1,00
26	565,31	— 0,67	564,39	565,90	— 2,01	— 3,95	— 3,3	+ 0,2	50	38,4	9	NE. 1	1,00
27	566,72	+ 0,82	565,42	567,21	— 3,00	— 4,81	— 4,1	— 0,5	45	12,3	9	NE. 1	0,98
28	566,96	+ 1,14	566,24	567,97	+ 0,19	— 1,48	— 5,7	+ 4,0	......	......	.....	variable	0,01
29	567,91	+ 2,17	567,55	568,33	+ 0,68	— 0,85	— 0,2	+ 3,5	......	.....	......	SO. 1	0,50
30	566,13	+ 0,48	565,52	566,82	+ 0,33	— 1,06	— 1,0	+ 2,9	......	......	......	SO. 1	0,64

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	568,05	568,30	568,35	568,18	568,16	568,11	568,20	568,28	568,37
2e »	569,54	569,73	570,02	569,93	569,87	569,82	569,85	570,12	570,29
3e »	562,18	562,34	562,56	562,70	562,57	562,58	562,67	562,98	563,11
Mois	566,59	566,79	566,98	566,94	566,87	566,84	566,91	567,12	567,26
Température.									
1re décade,	+ 3°,52	+ 4°,46	+ 5°,41	+ 6°,19	+ 6°,53	+ 6°,28	+ 5°,28	+ 4°,67	+ 4°,07
2e »	+ 1,62	+ 3,91	+ 5,34	+ 6,31	+ 6,50	+ 5,69	+ 4,02	+ 3,49	+ 2,85
3e »	— 1,77	— 0,61	+ 0,61	+ 1,15	+ 1,66	+ 1,31	+ 0,05	— 0,75	— 1,48
Mois	+ 1,12	+ 2,59	+ 3,79	+ 4,55	+ 4,90	+ 4,43	+ 3,12	+ 2,47	+ 1,81

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	+ 2,99	+ 7,22	0,69	89,5	—
2e »	+ 1,48	+ 6,83	0,28	1,1	—
3e »	— 2,60	+ 2,03	0,73	150,5	150
Mois	+ 0,62	+ 5,36	0,57	241,1	150

Dans ce mois, l'air a été calme 14 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,91 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 5 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

DE LA

CONSTITUTION DU SOLEIL

A PROPOS DES

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS SONNENSPECTRUM, ETC... RECHERCHES SUR LE SPECTRE SOLAIRE ET SUR LES SPECTRES DES CORPS SIMPLES.

PAR

M. G. KIRCHHOFF [1].

Dès l'origine des travaux de MM. Kirchhoff et Bunsen sur la dispersion de la lumière, dont mention a été faite dans la *Bibliothèque universelle* [2], ces savants nous ont fait entrevoir qu'on pourrait en déduire des notions inespérées sur la composition chimique des corps célestes. Ils ont dès lors tenu parole, et deux mémoires de M. Kirchhoff sont venus apporter un contingent important de données nouvelles à l'étude si difficile de la constitution des astres, de celle du soleil entre autres. Nous sommes fort en retard pour entretenir nos lecteurs du premier de ces mémoires, présenté à l'Académie de Berlin en juillet 1861 et traduit en 1863 par M. L. Gran-

[1] *Mémoires de l'Académie de Berlin,* 1861 et 1862.

[2] *Archives*, t. IX, p. 69 à 72, septembre 1860.

deau[1]. Nous disposons aujourd'hui de sa seconde partie, lue à la même Académie le 20 novembre 1862.

Dès l'époque où, par les soins de Fraunhofer, on obtint des prismes de verre assez pur et assez homogène, pour produire avec un rayon de lumière solaire un spectre dont les couleurs fussent tout à fait indécomposables, on put y constater un phénomène aussi curieux qu'inattendu. Parallèlement aux bandes colorées, une foule de raies ou stries noires, plus ou moins larges, plus ou moins obscures, se manifestèrent à intervalles inégaux dans l'intérieur même des couleurs et toujours suivant le même dessin. Fraunhofer a désigné par les lettres B, C, D... jusqu'à H, sept groupes de ces raies plus visibles et distribués sur les couleurs principales du spectre solaire. Vient-on à multiplier les prismes et à observer leur spectre avec une lunette d'un plus fort grossissement, un réseau de raies plus fines et plus nombreuses devient perceptible. Au moyen d'un appareil nouveau, construit par M. Steinheil à Munich, et auquel s'applique une lunette grossissant 40 fois, M. Kirchhoff a pu en donner un dessin complet, d'une parfaite netteté et où l'on distingue environ seize cents de ces raies. En outre, dans un tableau y annexé, chacune d'elles est signalée et numérotée, de manière à pouvoir être toujours reconnue et à servir de point de repère pour toute recherche ultérieure.

Dans de précédents travaux, MM. Kirchhoff et Bunsen avaient reconnu que l'introduction de corps étrangers dans une flamme de gaz ordinaire produisait, dans le spectre résultant de cette flamme, des raies brillantes

[1] *Annales de chimie et de physique*, t. LXVIII, p. 5, mai 1863.

demeurant en relation stricte avec le corps qui les produit. Ils en avaient déduit la conviction que les différentes combinaisons d'un même métal, lorsqu'elles sont volatiles, donnent naissance aux mêmes raies brillantes, ne variant que par leur éclat, et qu'un mélange des sels de différents métaux donne un spectre identique à celui qui résulterait de la superposition des spectres de chacun de ces métaux. Ils ont pu dès lors fonder sur l'apparition de ces raies brillantes une méthode d'analyse qualitative d'une délicatesse encore inconnue, et dont la fécondité, déjà éprouvée, amène à chaque instant de nouveaux et importants résultats. L'étincelle électrique a remplacé la flamme du gaz dans les recherches ultérieures, et une ingénieuse disposition de l'instrument permettant de superposer le spectre solaire et celui que produisait la source lumineuse artificielle, on a pu comparer directement et exactement la position des raies brillantes des divers corps simples avec celle des raies obscures du soleil. Le dessin mentionné tout à l'heure présente le tableau détaillé de cette comparaison, et c'est ce document précieux qui peut nous fournir les premières données sûres sur la constitution chimique du soleil.

Fraunhofer déjà avait observé que les deux raies obscures du spectre solaire, désignées par lui par la lettre D, coïncident avec les deux raies brillantes, connues aujourd'hui comme étant celles du sodium. M. Kirchhoff démontre que partout où se manifestent des raies brillantes du fer, existent des raies obscures très-marquées dans le spectre solaire. La répétition jusqu'à plus d'une centaine de cas de cette observation, jointe aux relations d'intensité de ces concordances, permet de conclure

avec une certitude absolue que le fer existe en vapeur dans l'atmosphère du soleil.

La présence d'*un* élément terrestre dans la constitution du soleil étant ainsi démontrée et expliquant un grand nombre des raies du spectre, il y avait tout lieu de penser que d'autres corps terrestres s'y rencontrent également et produisent par l'absorption qu'ils exercent d'autres raies obscures. En particulier, on devait s'attendre à reconnaître dans l'atmosphère solaire certains corps abondamment répandus à la surface de la terre et faciles à distinguer par les raies brillantes que présente leur analyse spectrale. Ainsi le calcium, le magnesium, le sodium. Quoique pour chacun de ces métaux le nombre des raies brillantes soit petit, leur netteté est si grande, que leurs coïncidences avec les raies obscures du spectre solaire correspondantes peuvent être observées avec une extrême précision. Leur présence peut donc être affirmée dans l'atmosphère solaire, de même que celle du chrome et du nickel. D'après les travaux les plus récents de M. Hofmann, la probabilité de l'existence du baryum, du cuivre et du zinc s'est grandement augmentée. Celle du cobalt, du strontium et du cadmium est encore incertaine. D'autres corps simples, comme le potassium, cherchés dans l'atmosphère solaire, n'ont pu y être trouvés, non plus que l'or, l'argent, l'étain, l'antimoine, etc.

Tels sont les faits acquis à la science par la belle découverte de notre auteur : pour la première fois nous possédons des données sûres concernant la composition chimique du soleil ; de ces données on peut tirer d'importantes déductions quant à sa constitution physique, qui viennent bouleverser la théorie de W. Herschel sur

ce sujet. On sait que l'illustre astronome considérait le soleil comme un corps obscur, entouré d'une atmosphère semi-transparente, autour de laquelle flotte, sous forme d'une couche analogue aux nuages, une photosphère brillante. Les taches proviennent de vapeurs émanant du soleil et produisant des déchirures dans la photosphère, qui laissent apercevoir le noyau obscur (au moins relativement) de l'astre et, sous forme de pénombre, les couches interposées de son atmosphère.

Quoique cette hypothèse fît sortir la constitution du soleil de toute analogie avec celle des astres qui lui sont subordonnés, quoiqu'elle dût amener les astronomes à la conclusion bizarre, qu'ils n'observent jamais que par exception le corps céleste qui nous réchauffe et nous éclaire, mais seulement sa photosphère enveloppante, la théorie n'en fut pas moins généralement admise. Ce n'est guère que lors de l'éclipse totale du soleil en 1860, que des doutes sérieux sur son authenticité commencèrent à surgir [1]. Les travaux de M. Kirchhoff viennent leur fournir aujourd'hui un puissant appui et nous faire retourner aux impressions de Galilée à ce sujet; nous ne pouvons mieux faire que de citer ici quelques pages du mémoire que nous analysons.

« Pour expliquer les raies obscures du spectre solaire, il faut admettre que l'atmosphère du soleil enveloppe un corps éclairant, donnant par lui-même un spectre dépourvu de raies obscures et doué d'une intensité lumineuse qui dépasse certaines limites. L'hypothèse la plus vraisemblable que l'on puisse faire consiste à admettre que le soleil est composé d'un noyau solide

[1] *Archives*, t. IX, p. 247.

ou liquide, porté à la plus haute température qu'on puisse imaginer et entouré d'une atmosphère un peu moins chaude que lui.

« Cette représentation de la constitution chimique du soleil est en accord avec l'hypothèse émise par Laplace sur la formation de notre système planétaire. Si la masse, concentrée aujourd'hui dans des corps isolés, formait autrefois une nébuleuse d'étendue immense, par la condensation de laquelle se sont formés le soleil, les planètes et leurs satellites, tous ces corps doivent être, quant à leur composition, essentiellement de nature identique. La géologie a démontré que la terre s'est trouvée un jour à l'état de liquide incandescent ; il faut admettre qu'il en a été de même des autres éléments de notre système. Le refroidissement qui s'est manifesté chez tous, par suite du rayonnement de la chaleur, a atteint des degrés très-différents pour chacun d'eux, spécialement par suite de leurs différentes masses. Ainsi, pendant que la lune est devenue plus froide que la terre, la température de la surface du soleil n'est pas encore descendue au-dessous du rouge blanc. L'atmosphère terrestre qui ne contient maintenant qu'un nombre si restreint d'éléments devait, lorsque la terre était encore incandescente, avoir une composition beaucoup plus complexe : tous les corps volatils au rouge devaient s'y rencontrer. Aujourd'hui encore l'atmosphère du soleil doit avoir une composition analogue.

« L'idée que le soleil est un corps incandescent est si ancienne que plusieurs philosophes grecs l'ont déjà émise. Lors de la découverte des taches solaires, Galilée les déclara être des nuages nageant dans l'atmosphère gazeuse du soleil et nous apparaissant comme des taches obscu-

res sur le disque brillant de cet astre. Il dit : « Si la terre était lumineuse par elle-même, et qu'on l'examinât de loin, elle offrirait les mêmes apparences que le soleil. Suivant que telle ou telle région se trouverait derrière un nuage, on apercevrait des taches tantôt dans une portion du disque apparent, tantôt dans une portion différente; la plus ou moins grande opacité du nuage amènerait un affaiblissement plus ou moins grand de la lumière terrestre. A certaines époques il y aurait peu de taches; ensuite on pourrait en voir beaucoup ; ici elles s'étendraient, ailleurs elles se rétréciraient; ces taches participeraient au mouvement de rotation de la terre, en supposant que notre globe ne fût pas fixe; et comme elles auraient une profondeur très-petite comparativement à leur largeur, dès qu'elles s'approcheraient du limbe, leur diamètre s'amoindrirait notablement. [1] »

« Cette manière de voir sur le soleil et ses taches a été rejetée par beaucoup d'astronomes, à cause de certaines particularités de ces dernières, que des observations ultérieures ont appris à connaître. Dans son exposé de la théorie de la constitution physique du soleil, qu'il regarde comme presque universellement adoptée, Arago s'exprime ainsi: « En sorte qu'en définitive on sera obligé d'admettre que le soleil est formé d'un noyau obscur, enveloppé d'une atmosphère réfléchissante et quelque peu opaque, à laquelle succède une atmosphère lumineuse ou photosphère, enfouie elle-même à une certaine distance d'une atmosphère diaphane. [2] » Dès lors, Arago se représente la température de la surface du noyau obscur comme à peu près semblable à celle de la terre, car

[1] Arago, *Astronomie populaire*, t. II, p. 144.
[2] *Ibidem*, p. 94.

il ajoute : « Qu'on me demande si le soleil peut être habité par des êtres organisés d'une manière analogue à ceux qui peuplent notre globle, je n'hésiterai pas à faire une réponse affirmative. L'existence dans le soleil d'un noyau central obscur enveloppé d'une atmosphère opaque, loin de laquelle se trouve seulement l'atmosphère lumineuse, ne s'oppose nullement en effet à une telle conception.[1] »

« On a été amené à se faire une aussi étrange idée de la constitution du soleil par l'observation de Wilson, d'après laquelle, lorsqu'une tache avance du centre du soleil vers son bord occidental, sa pénombre se rétrécit plus vite du côté tourné vers le centre du disque que du côté opposé. Le noyau de la tache doit être une partie du noyau central obscur du soleil, rendue visible par deux ouvertures qui se correspondent et qui se sont formées dans la photosphère et dans l'atmosphère réfléchissante, la pénombre étant une partie de cette dernière dont la déchirure serait moins grande que celle de la photosphère.

« L'hypothèse ainsi émise sur la constitution du soleil pour donner cette explication des taches, me paraît en contradiction si flagrante avec des notions certaines de la physique, qu'elle devrait être rejetée lors même qu'on ne serait pas en état de se rendre compte en quelque mesure d'une autre manière du phénomène des taches solaires.

« En effet, si cette photosphère existe, elle doit envoyer des rayons calorifiques aussi bien vers l'intérieur que vers l'extérieur. Chaque particule de la couche la plus élevée de l'atmosphère sous-jacente doit donc subir

[1] Arago, *Astronomie populaire*, t. II, p. 181.

un échauffement, pareil à celui que recevrait cette particule sur la terre, si on la plaçait au foyer d'un miroir concave dirigé vers le soleil et dont la surface vue du foyer paraîtrait plus grande qu'une demi-sphère. Plus cette atmosphère est opaque, plus cet échauffement sera rapide, et moins au contraire le rayonnement de la photosphère pénétrera en profondeur. Mais quel que soit le degré d'opacité de cette atmosphère, le calorique se propagera avec le temps dans toute son étendue, soit par conductibilité, soit par rayonnement, soit par le moyen de courants, et si en réalité elle a été froide une fois, cette atmosphère a dû dans le cours des siècles atteindre infailliblement la température du rouge ; puis de la même manière agir sur le noyau, comme la photosphère a agi sur elle, en sorte que ce noyau doit aussi être à la température du rouge. Il doit réellement être incandescent, car tous les corps le deviennent à la même température. Draper a constaté le fait expérimentalement pour des corps solides, et je l'ai démontré théoriquement pour tous les corps qui ne sont pas parfaitement transparents. C'est une conséquence immédiate du théorème susmentionné, concernant le rapport entre le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant des divers corps. »

Il nous paraît difficile que la théorie d'Herschel puisse résister à une discussion aussi serrée. Jusqu'ici nous sommes fort enclin à nous ranger aux vues de M. Kirchhoff, considérant comme un immense progrès, de pouvoir assimiler le soleil, quant à sa formation et à sa constitution, aux divers astres qui dépendent de lui, et de le faire concorder en même temps qu'eux avec les belles conceptions cosmogoniques de Laplace. Restent à expliquer les phénomènes relatifs aux taches, facules, etc., que nous

observons à sa surface. Voici comment M. Kirchhoff essaie d'en rendre compte, croyant, nous dit-il, y réussir plus complétement et d'une manière moins forcée que dans l'hypothèse qu'il combat :

« L'atmosphère du soleil (d'après la nouvelle théorie) doit présenter des circonstances analogues à ce qui se passe dans la nôtre. Là comme ici, des abaissements locaux de température doivent donner lieu à la formation de nuages, qui seront, il est vrai, différents des nuages terrestres, quant à leur composition chimique. Lorsqu'un nuage solaire s'est formé, toute la région de l'atmosphère située au-dessus de lui se trouvera refroidie, parce qu'une partie des rayons calorifiques que lui envoyait le globe incandescent du soleil, se trouvera arrêtée par le nuage. Plus le nuage sera dense et étendu, plus le refroidissement sera notable, et il sera plus sensible pour les points situés près du nuage que pour les points plus élevés. Une conséquence doit en être que le nuage grossira en haut et se refroidira avec une rapidité croissante. Sa température tombe au-dessous du rouge, il devient opaque et forme le noyau d'une tache. Mais il se produit aussi un abaissement de température à une hauteur considérable au-dessus de ce nuage. Si alors les vapeurs environnantes, soit par l'abaissement de la température déjà régnante, soit par la rencontre de deux courants d'air, sont amenées à se rapprocher de leur point de condensation, cet abaissement de température occasionnera la formation d'un second nuage, moins dense que l'autre, parce qu'à cette hauteur la densité des vapeurs est plus faible que plus bas, la température étant inférieure, et ce second nuage, en partie diaphane, formera la pénombre si son étendue est suffisante.

« Nous voyons aussi parfois sur la terre des nuages se former simultanément à des hauteurs différentes, plus denses en bas, moins denses en haut. Une pareille formation simultanée de diverses couches de nuages peut souvent avoir lieu sans que nous soyons en état de l'observer. Mais si ce n'est pas la règle dans notre atmosphère, cela peut l'être dans celle du soleil, qui reçoit son calorique exclusivement d'en bas, tandis que la chaleur nous vient aussi d'en haut par les rayons solaires.

« Dans la théorie des taches solaires que je défends, ces deux couches de nuages jouent le même rôle que les deux ouvertures de la photosphère et de l'atmosphère nébuleuse dans l'hypothèse que j'attaque. Si l'on suppose les deux nuages situés à la même place et doués des mêmes dimensions que les deux ouvertures, le phénomène observé par Wilson s'explique dans les deux théories exactement de la même manière. Mais d'après l'opinion de plusieurs astronomes, le phénomène de Wilson n'est point général. Dans la théorie admise, les cas qui lui font exception ne peuvent s'expliquer que par un changement survenant dans les taches; dans la mienne par une différence trop faible de hauteur entre les deux nuages.

« Dans les descriptions des taches du soleil, on a insisté sur ce que le noyau paraît nettement limité et sur ce que la pénombre présente, dans la région où elle touche le noyau, une clarté plus grande que près de son bord extérieur. Ceci est, je crois, la conséquence de ce que le nuage supérieur est très-mince en son milieu et de ce que sa masse est surtout accumulée vers ses bords. Le refroidissement, qui au-dessus du nuage résulte de l'absorption partielle par ce dernier des rayons émanés du

soleil, occasionne un courant d'air descendant. L'air qui par là est entraîné de régions plus élevées de l'atmosphère, doit être remplacé ; cela s'opère au moyen d'un courant ascendant qui se forme tout autour du nuage. Ces deux courants se rencontrent au sein même du nuage, en sorte que celui-ci devient le milieu où se produisent des courants horizontaux, allant de dedans en dehors. Ces courants, dus à des différences de températures atteignant des milliers de degrés, peuvent surpasser infiniment les plus violents ouragans terrestres ; ils doivent entraîner avec eux les masses nébuleuses, et ainsi rendre le nuage plus mince en son milieu et plus épais sur ses bords. Si l'on jette un regard sur les dessins de taches solaires, publiés dans le VI[me] vol. des *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, on voit dans la pénombre de la plupart de ces taches, des bandes plus foncées s'étendant et s'élargissant du dedans au dehors et qui permettent, ce me semble, de conclure à l'existence de ces courants, aussi sûrement que nous le faisons pour celle de vents existant dans les régions élevées de notre atmosphère, d'après les bandes parallèles de nuages qui s'y forment.

« La violence des orages qui doivent se produire dans le voisinage des nuages explique la grande variabilité que présentent les taches.

« Une des particularités les plus remarquables, qu'offrent les taches du soleil, est de n'avoir été aperçues que dans l'intérieur d'une certaine zone de chaque côté de l'équateur solaire. L'explication de ce fait ne peut pas être déduite, il est vrai, de la théorie que je défends ; mais mon hypothèse paraît, plus que l'ancienne, capable de le faire comprendre. Le P. Secchi a conclu de ses

observations, que les régions polaires du soleil possèdent une température plus basse que la zone équatoriale. Si tel est le cas, il doit y avoir à la surface du soleil des courants atmosphériques allant des pôles à l'équateur, et là se relevant pour retourner vers les pôles ; l'atmosphère solaire doit être animée d'un mouvement analogue à celui que présente notre atmosphère par suite des températures élevées des contrées tropicales. Ce mouvement y sera plus régulier que sur la terre, n'étant pas influencé par les changements des jours et des saisons. Là, comme ici, le courant équatorial devra s'écarter à une certaine distance de l'équateur et rencontrer le courant polaire allant en sens contraire.

« Or ces courants de l'atmosphère solaire doivent pouvoir occasionner la formation de nuages. Si on les considère comme en étant la cause la plus efficiente, on comprendra qu'il ne puisse se produire de nuages de grandeur et de densité suffisantes pour paraître des taches à l'œil de l'observateur placé sur la terre que dans les limites d'une certaine zone voisine de l'équateur.

« Il peut naître des facules ou des lucules, lorsqu'à la surface du soleil, des corps doués d'un pouvoir rayonnant plus grand ou possédant une température plus élevée que leur entourage, deviennent visibles. L'observation faite sur la fréquente coexistence de taches et de facules, rapprochées les unes des autres, n'a rien de surprenant. Les facules peuvent provoquer la formation de nuages dans leur voisinage, par le fait qu'elles occasionnent des variations de température, et par suite des courants dans l'atmosphère, qui mettent en contact des couches de composition et de température différentes. D'un autre côté, on peut aussi penser que les nuages favorisent la forma-

tion des facules, en ce que jouant le rôle d'enveloppes protectrices, ils affaiblissent le rayonnement de la partie de la surface du noyau solaire située au-dessous d'eux et font ainsi que la chaleur, arrivant constamment de l'intérieur, amène une élévation de température. »

M. Kirchhoff termine son premier mémoire par une réfutation de la thèse affirmée par Arago, comme preuve certaine de la théorie acceptée par lui sur la constitution du soleil. Cette thèse est basée sur ce que la lumière émanée des bords du disque solaire n'offre aucune trace de polarisation. Dès lors, la source dont elle émane doit être gazeuse. Mais cette conclusion ne peut être regardée comme rigoureuse que si, solide ou liquide, la surface du soleil devait être regardée comme parfaitement lisse ou unie. Du moment où, comme il est infiniment probable, la surface du soleil liquide est agitée, ondulée, couverte de vapeurs analogues à celles de notre océan, ou rugueuse et renfermant diverses matières en fusion présentant des degrés différents d'éclat et de transparence, on ne saurait rien induire de décisif de cette observation.

On lit avec un vif intérêt les ingénieux développements donnés par M. Kirchhoff à une théorie, dont la première idée fut, comme on l'a vu, émise jadis par Galilée. A tout prendre, son explication peut être acceptée comme aussi plausible pour le moins, que celle des partisans de la photosphère, avec la grande supériorité, selon nous, de son point de départ, qui replace le soleil dans la loi commune de formation des corps du système et remplace le noyau obscur et ses enveloppes par un globe incandescent en fusion, entouré d'une atmosphère.

Remarquons en passant, que l'observation relatée par

quelques astronomes, de dentelures ou d'entailles aperçues sur le bord du disque solaire à l'endroit où des taches, par le fait de la rotation du soleil, devaient être au moment de passer derrière ce disque, ne peut rien faire préjuger jusqu'ici, quant à l'explication des taches. Quelle que soit cette explication, c'est-à-dire quelle que soit la cause de l'obscurcissement d'une portion du disque lumineux produisant des taches, il y aura déformation apparente du bord du disque au moment où le phénomène viendra à atteindre le profil du soleil. Pour pouvoir en conclure quelque chose de précis, il faudrait faire une comparaison rigoureuse entre l'instant où l'entaille est constatée et celui où la tache passe dans le plan du grand cercle solaire perpendiculaire à la direction du rayon visuel. Si le premier instant précède le second, on pourra en tirer quelques chances favorables à la théorie du nuage interposé et situé à une hauteur plus ou moins grande au-dessus de la surface du soleil. Si les deux instants coïncident, il faudra que la tache soit due à une cause inhérente à la surface lumineuse elle-même, soit échancrure dans l'hypothèse de la photosphère, soit obscurcissement de la surface incandescente par d'autres causes, telles que celle que nous examinerons plus loin. Mais, hâtons-nous de le dire, cette comparaison ne sera point facile à faire à cause de la lenteur du mouvement de rotation et à cause de la grandeur de la tache, bordée, comme on sait, de sa pénombre, en sorte que, si échancrure il y a, on ne saura jamais bien où elle commence et où elle cesse.

Cette objection écartée, si nous examinons de plus près la théorie de M. Kirchhoff, nous devons avouer, que quelque satisfaisant qu'en soit pour nous le point de départ,

nous ne saurions en goûter les développements. Ramener le soleil à être un globe incandescent, composé des mêmes corps simples que les planètes, que la terre tout au moins, avec une seule atmosphère enveloppante, s'étendant probablement à une distance immense, c'est retourner à une théorie belle par sa simplicité et acquérant par là de nombreux titres à la vraisemblance. Mais attribuer à des nuages les taches solaires, si obscures, si nettement définies, à contours si abrupts, à formes si tourmentées, quelquefois coupées transversalement par des filets de matière lumineuse si brillants et si ténus ; supposer à des substances vaporeuses en suspension dans l'atmosphère solaire un pouvoir obscurcissant aussi complet, devant une source de lumière aussi intense, nous paraît sortir de cette vraisemblance et nous croyons fermement qu'on pourrait y rentrer en suivant un autre mode de comparaison.

Il y a, nous n'en doutons pas, des nuages dans l'atmosphère solaire : nous les avons vus et observés lors de l'éclipse totale de 1860 sous forme de protubérances. Ils résultent des émanations métalliques de la masse générale en fusion, où évidemment des corps plus volatilisables que les autres s'échappent sous forme de vapeurs, de couleurs plus ou moins brillantes. Ainsi dans la fabrication du laiton, le zinc se dégage en épaisses vapeurs blanches qui, mélangées avec l'air, prennent une teinte rouge. Les éruptions volcaniques nous fournissent un autre exemple de vapeurs de couleurs éclatantes et dont la composition chimique est fort complexe. Toutefois, il nous est difficile d'admettre que des nuages solaires leurs analogues puissent devenir assez opaques pour intercepter absolument l'intense lumière du globe

incandescent. Tout nous porte à croire, l'apparence des taches, leur persistance et l'observation de phénomènes similaires à la surface de la terre, que c'est à des solidifications partielles de la croûte solaire qu'il faut les attribuer.

Au fond, nous partons de la même grande hypothèse que M. Kirchhoff, hypothèse qui se vérifie par ses analogies avec ce qui se passe dans la terre. Il n'y a pas équilibre physique, ni chimique entre les divers composants de la masse du soleil. Un travail incessant s'opère entre eux, entraînant des combinaisons variées, des exhalaisons de vapeurs et, par suite, des changements de température, pouvant s'étendre entre des limites très-écartées. Au lieu de supposer ces variations de température, produisant leurs effets dans l'atmosphère solaire et enfantant des nuages opaques, rapprochons-les de la surface en fusion elle-même, nous aurons des commencements de solidification, des oxydations, ou des formations de sels momentanées, qui fourniront des apparences beaucoup plus aisées, à notre avis, à assimiler à celles des taches solaires. La solidification complète d'une portion de surface atteignant une certaine épaisseur, produira le noyau de la tache, pendant qu'une croûte plus mince formera la pénombre tout autour, avec une différence de teinte ou d'obscurcissement plus facile à supposer uniforme et constante, que dans l'explication par le moyen de nuages. Nous croyons pouvoir insister sur cette assimilation, pour avoir vu un phénomène analogue se produire à la surface de métaux en fusion, sur une surface d'argent fin liquide par exemple, et par conséquent à une température voisine de 1000 degrés. Là une scorie obscure, entourée d'une pellicule mate, moins

foncée, nous a présenté une apparence tout à fait comparable à celle d'une tache solaire, et cette apparence a persisté avec quelques modifications de formes, lorsqu'on a fait mouvoir le creuset, de manière à agiter la substance en fusion. Supposons un élément différent, sous cette température élevée, venant atteindre cette scorie dans un alliage composé, elle se fondra de nouveau en se combinant avec d'autres substances et le phénomène de la tache disparaîtra.

L'idée de cette explication remonte à la même époque que l'hypothèse renouvelée par M. Kirchhoff. C'est un contemporain de Galilée, l'astronome Simon Marius, mort en 1624, qui l'a émise, fort peu de temps après la découverte des taches solaires. La démonstration moderne de la liquidité du soleil par l'analyse spectrale, nous paraît devoir lui donner une grande vraisemblance.

Notre explication admise rend compte d'une manière plus naturelle et plus heureuse de toutes les apparences des taches. Leur opacité totale, leurs formes bizarres, leurs promptes variations d'aspect, l'observation faite par Wilson qui, nous l'avons vu, n'est toutefois rien moins que générale, les irrégularités constatées sur le bord du disque solaire, sont autant de caractères auxquels elle répond d'une manière très-satisfaisante. Imbu d'une autre idée préconçue que de la théorie d'Herschel, nous ne doutons pas que notre éminent compatriote, M. R. Wolff, l'un des astronomes du temps actuel qui ont le plus étudié le soleil, n'eût interprété autrement les phénomènes dont il a été témoin. « Dans l'année 1848, qui a été très-abondante en taches, nous raconte-t-il, j'ai cru discerner catégoriquement et à plusieurs reprises la formation de vastes bulles dans la photosphère et des

taches solaires se manifester par suite de l'explosion de ces bulles. » La formation de soufflures à la surface d'un mélange de métaux en fusion et se refroidissant par une influence extérieure atmosphérique quelconque, ne lui aurait-elle pas mieux représenté le phénomène qu'il avait sous les yeux ?

C'est cette influence extérieure, ignorée, et à laquelle il faut recourir dans toutes les explications, qui est au fond la partie mystérieuse de la théorie des taches solaires. Dans l'hypothèse d'Herschel, indépendamment des invraisemblances signalées tout à l'heure, il faudrait se rendre compte de l'origine des vapeurs émanant du noyau obscur et venant déchirer la photosphère après avoir percé l'atmosphère nébuleuse. Dans les théories que nous venons de développer, il reste à découvrir les causes des refroidissements de l'atmosphère solaire, qui produisent, suivant M. Kirchhoff, des condensations de nuages, ou dans l'autre hypothèse des solidifications superficielles, partielles de la matière solaire. Les circonstances atmosphériques de la terre ne peuvent nous servir pour réussir dans cette recherche, ces circonstances étant régies avant tout par l'action extérieure du soleil, combinée avec le mouvement de rotation diurne et l'inclinaison de l'axe de ce mouvement. Dans le soleil, toute l'action principale gît dans sa masse incandescente elle-même, sans perturbation possible du jour, de la nuit ou des saisons.

Cependant, nous pouvons induire l'absence d'équilibre de la masse du soleil, de ce que nous observons dans l'intérieur même de la terre, où les grands phénomènes constatés par la géologie la démontrent pour les temps anciens, et où les éruptions volcaniques actuelles en prou-

vent encore l'existence, après la solidification de la croûte superficielle. En outre, le soleil a aussi un mouvement de rotation et un mouvement de translation ; il y a donc lieu de croire à la présence d'ouragans solaires, et de bouleversements à sa surface analogues à ceux qui se sont produits dans les astres appartenant à son système.

EMILE GAUTIER.

DE LA

PERCEPTION DES SONS

ENVISAGÉE COMME

BASE DE LA THÉORIE DE LA MUSIQUE

PAR

M. LE PROF. H. HELMHOLTZ.

Die Lehre von den Tonempfindungen, als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. — In-8° Brunswick 1863.

(Second article.)

Dans un précédent article[1] nous avons analysé la première partie de l'ouvrage de M. Helmholtz. Nous avons vu que les sons sont composés de différents tons partiels, et que ce que l'on appelle le timbre résulte du nombre, de la hauteur et de l'intensité relative de ces tons partiels. Nous avons vu également comment on peut se rendre compte de la perception par l'oreille, en admettant que les différents mouvements vibratoires dont l'air est animé, ébranlent par communication de mouvement les corpuscules élastiques qui existent dans l'organe de l'ouïe : un son complexe, que l'on peut considérer comme résultant de la superposition d'un certain

[1] Voyez *Archives*, juillet 1863, t. XVII, p. 194.

nombre de vibrations pendulaires, donne lieu ainsi à la perception d'un nombre correspondant de sons simples, qui sont les tons partiels dont le son complexe est formé.

Nous avons admis jusqu'ici que les vibrations de l'air sont susceptibles de se superposer sans se troubler. Mais cette loi si importante n'est rigoureusement vraie, qu'à la condition que les vibrations du corps sonore et de l'air soient infiniment petites ; ou, en d'autres termes, à la condition que les changements de densité du corps élastique comparés à sa densité totale, et les déplacements des molécules comparés à la dimension de la masse vibrante, soient assez petits pour être négligeables. Dans le plus grand nombre de cas, ces variations sont effectivement très-petites, en sorte que le plus souvent l'observation confirme les conséquences que l'on peut déduire de cette loi.

Cependant certains phénomènes acoustiques résultent de ce que les vibrations, quoique très-petites, ne sont réellement pas infiniment petites. Le plus important de ces phénomènes est celui des *sons de combinaison* que l'on entend lorsqu'on produit simultanément deux sons de hauteur différente, intenses et soutenus. Ces sons de combinaison ne coïncident, en général, ni avec les sons fondamentaux, ni avec les harmoniques supérieurs des deux sons primaires.

Il y a deux classes de sons de combinaison. Les premiers, connus depuis longtemps déjà et désignés par M. Helmholtz sous le nom de *sons de différence,* sont caractérisés parce que leur nombre de vibrations est égal à la différence des nombres de vibrations des sons primaires.

Les seconds, que M. Helmholtz a découverts et nommés *sons de sommation*, ont un nombre de vibrations égal à la somme des nombres de vibrations des sons primaires.[1]

Il faut remarquer que comme les deux sons primaires ne sont pas en général des sons simples, mais qu'ils sont formés de tons partiels, il peut se produire des sons de combinaison correspondant aussi bien aux différents tons partiels qu'aux sons fondamentaux. De plus, ces sons de combinaison, que nous appellerons de *premier ordre*, peuvent eux-mêmes en se combinant avec les divers tons partiels des sons primaires, donner lieu à des sons de combinaison de *second ordre*, etc. Le nombre de ces sons est donc, théoriquement, très-considérable; mais dans la pratique on est loin de les entendre tous. En effet, en premier lieu, les sons de sommation sont toujours très-faibles; en second lieu, comme les sons de différence diminuent rapidement d'intensité à mesure que les sons primaires s'affaiblissent, il n'y a que les tons partiels énergiques qui puissent les produire d'une manière sensible. Toutefois, dans certains cas, on arrive à reconnaître la présence d'un assez grand nombre de ces sons divers; les instruments les plus propres à les faire naître sont ceux qui produisent de fortes vibrations de l'air, comme la sirène polyphone de Dove ou l'orgue expressif.

Voici, en notation musicale, les sons de différence qui peuvent se produire pour les principaux intervalles ne

[1] M. Helmholtz a donné la véritable théorie de ces sons de combinaison dans un mémoire antérieur (*Poggendorff's Annalen*, t. XCIX, p. 497), dont un extrait a été inséré dans les *Archives* (1857, t. XXXIV, p. 141). Nous reviendrons plus loin sur l'ancienne explication que l'on avait donnée.

dépassant pas l'octave. Les sons primaires, supposés simples, sont représentés par des blanches; les sons de différence de premier ordre sont représentés par des noires, ceux de second ordre par des croches, ceux de troisième ordre par des doubles croches, etc. Les sons d'un ordre supérieur à ceux qui sont indiqués ne donneraient lieu à aucun son nouveau.



On voit que ces sons de différence forment une série d'harmoniques dont les sons primaires sont les plus élevés.

Quant aux sons de sommation, voici ceux qui correspondent aux principaux intervalles de sons simples (blanches); on n'a indiqué que ceux du premier ordre (noires), car on ne peut guère arriver à entendre ceux des ordres supérieurs.



Pour les deux derniers intervalles, les sons de sommation sont intermédiaires entre les deux notes indiquées. On voit que ces sons, plus aigus que les sons primaires, sont souvent à des intervalles non harmoniques avec ces derniers; par conséquent, s'ils n'étaient pas très-faibles pour la plupart des instruments, ils produiraient des dissonances très-marquées. Et, dans le fait, avec la sirène polyphone, qui donne tous les sons de combinaison avec une intensité remarquable, la tierce majeure, la tierce mineure et la sixte mineure font un effet désagréable.

On considérait autrefois les sons de combinaison comme un phénomène purement subjectif et prenant naissance dans l'oreille même. On ne connaissait que les sons de différence, et l'on assimilait leur origine au phénomène des battements. Supposons, par exemple, que l'on fasse retentir simultanément deux sons simples dont l'un fasse 100 vibrations doubles pendant que l'autre en fait 101; pendant cette période de 101 vibrations du son le plus aigu, il y aura une fois coïncidence des deux mouvements vibratoires, et par conséquent un maximum d'intensité, un *battement*. En général, le nombre des battements sera égal à la différence des nombres de vibrations doubles des sons primaires. On admettait que lorsque ces battements se succèdent très-rapidement, ils produisent l'im-

pression d'un son continu qui est le son de combinaison.

Mais cette explication ne pourrait en tout cas s'appliquer qu'aux sons de différence, et non pas aux sons de sommation. En second lieu, on peut dans certaines circonstances prouver, au moyen de membranes ou de résonnateurs, que ces sons existent objectivement et indépendamment de l'oreille. Enfin, cette explication ne s'accorde pas avec la loi que l'oreille perçoit seulement les mouvements de l'air correspondant à des vibrations pendulaires.

La théorie mathématique conduit à une autre interprétation en démontrant que si les vibrations des sons primaires simultanés ne sont pas infiniment petites, il doit se produire dans l'air des mouvements vibratoires dont les périodes correspondent à celles des différents sons de combinaison.

Nous avons fait allusion tout à l'heure au phénomène des *battements* ; nous devons maintenant y revenir avec quelque détail, car il a une importance de premier ordre pour la théorie des consonnances et des dissonances.

Tant que plusieurs sons simultanés sont d'une hauteur notablement différente, ils produisent sur l'oreille des *impressions* qui ne se troublent point mutuellement : le mouvement vibratoire de l'air est décomposé par l'organe de l'ouïe, qui perçoit les sons simples correspondant aux vibrations pendulaires que l'on peut considérer comme les composantes du mouvement complexe. Nous avons vu que l'on peut expliquer ce fait en admettant que les diverses vibrations pendulaires affectent des filaments nerveux différents.

Mais si les sons simultanés sont de la même hauteur ou d'une hauteur très-rapprochée, les choses se passent autrement : deux mouvements vibratoires, qui pris séparément produisent chacun l'impression d'un son particulier, peuvent, lorsqu'ils frappent l'oreille simultanément, déterminer une sensation autre que celle des deux sons superposés. Dans ce cas le mouvement résultant dans l'air est toujours la somme algébrique des mouvements composants ; il n'y a pas perturbation extérieure à l'oreille; c'est la perception elle-même qui est modifiée, l'impression résultante n'est plus la somme des deux impressions prises séparément. Cela provient sans doute, comme nous chercherons plus loin à le faire comprendre, de ce que, dans ces conditions, ce sont les mêmes filaments nerveux qui sont affectés par les deux sons.

Occupons-nous d'abord du cas où les deux sons simultanés sont de hauteur égale. Alors il peut y avoir interférence des ondes sonores. S'il y a coïncidence entre les phases de vibrations de deux sons de hauteur et d'intensité égales, les mouvements s'ajoutent et l'écartement des molécules d'air devient double de ce qu'il serait pour l'un des deux sons pris séparément. Comme l'intensité du son doit être considérée comme proportionnelle au carré de l'amplitude, le son résultant aura une intensité quadruple, et non pas seulement double, de celle de l'un des sons composants.

Si au contraire il y a opposition de phases, les mouvements communiqués à l'air par les deux corps sonores étant constamment de sens inverse, ils s'annulent mutuellement, l'oreille ne perçoit pas de son, l'intensité devient 0. — La réalisation expérimentale de ce phéno-

mène n'est pas très-facile à obtenir on comprend aisément que, pour parvenir à annuler un son par un autre, il faut se mettre dans des conditions toutes spéciales. Cependant on peut y parvenir par différents moyens. Disposons, par exemple, sur un même porte-vent, deux tuyaux d'orgue fermés, accordés à l'unisson. En faisant arriver successivement l'air dans chacun d'eux, on voit qu'ils rendent le même son. Mais si l'on souffle dans les deux à la fois, l'air prend habituellement un mouvement tel, qu'il se dilate dans l'un des tuyaux tandis qu'il se condense dans l'autre. Les vibrations des deux appareils sont donc en opposition de phases, et l'on n'entend aucun son, abstraction faite du bruissement de l'air. — On observe aussi des phénomènes d'interférence avec le diapason ordinaire dans lequel les deux branches sont animées de mouvements de sens contraire. Si l'on frappe un diapason, et qu'on l'approche de l'oreille en le faisant tourner sur lui-même autour de son axe, on reconnaît qu'il y a quatre positions où l'on entend le son fortement, tandis que dans quatre autres positions on ne l'entend pas.

Pour étudier les phénomènes d'interférence ainsi que les battements, M. Helmholtz a fait construire une double sirène polyphone, disposée de la manière suivante : entre deux montants est fixée une première sirène polyphone de Dove, c'est-à-dire une sirène dont la table et le plateau mobile sont percés de plusieurs rangées concentriques de trous en nombres différents ; un mécanisme spécial permet d'intercepter ou de diriger le courant d'air au travers des différentes rangées de trous. On peut ainsi, pour une même vitesse de rotation du plateau, obtenir des sons plus ou moins aigus, suivant que

l'air passe par une rangée dont les trous sont plus ou moins nombreux ; ou bien, si on le désire, on peut produire deux ou plusieurs sons simultanés, en ouvrant à la fois deux ou plusieurs rangées de trous. Au-dessus de cette première sirène, et dans une position renversée, on en a disposé une seconde à peu près semblable, dont le plateau mobile est fixé au même axe que le plateau de la première. La boîte de la sirène supérieure, et par conséquent sa table percée de trous, est susceptible de tourner elle-même sur son axe, mouvement que l'on produit à volonté à l'aide d'un engrenage et d'une petite manivelle. Dans l'instrument de M. Helmholtz, la sirène inférieure avait quatre rangées de trous, l'une de 8 trous, l'une de 10, l'une de 12 et la dernière de 18. La sirène supérieure avait aussi quatre rangées de trous, l'une de 9, l'une de 12, l'une de 15 et la dernière de 16. On comprend qu'avec cet appareil on peut produire un grand nombre de sons divers, isolés ou simultanés. Comme les sons de la sirène sont caractérisés par des sons supérieurs très-intenses, il fallait pouvoir au besoin éliminer ces sons supérieurs, et, à cet effet, il suffisait d'adapter à chaque sirène une sorte d'enveloppe ou tube résonnateur affaiblissant beaucoup tous les sons d'une hauteur différente du son qui lui est propre.

Supposons que dans chaque sirène on ne laisse ouverte que la rangée de 12 trous, et qu'au moyen de la manivelle on ait placé la table de la sirène supérieure dans une position telle que les trous soient ouverts à la fois dans les deux sirènes : en faisant marcher la soufflerie on obtiendra deux sons en coïncidence de phases, et qui se renforceront mutuellement. Les sons supérieurs, qui sont les mêmes pour les deux appareils,

seront aussi renforcés, si l'on permet leur développement en enlevant les tubes résonnateurs — Supposons au contraire que l'on tourne la manivelle de manière que les trous de l'une des sirènes soient ouverts quand ceux de l'autre sont fermés : alors les deux sons seront en opposition de phases, ils interféreront et s'annuleront s'ils sont dépourvus de sons supérieurs. Si ces derniers peuvent se développer, ce ne sera que les sons fondamentaux et les tons partiels de rang impair qui seront annulés, tandis que les sons partiels de rang pair seront renforcés : dans ce cas, l'appareil donne un son qui paraît à l'octave aigue du son fondamental. — Ainsi l'appareil se prête bien à la constatation des phénomènes d'interférence.

Il se prête également à l'étude des battements. Les deux sirènes étant disposées comme précédemment, de manière à donner toutes deux le même son, et munies des tubes résonnateurs qui affaiblissent les harmoniques supérieurs, il suffit pour produire les battements de hausser ou de baisser un peu l'un des sons. On y parvient très-facilement en donnant, au moyen de la manivelle, un mouvement de rotation à la boîte de la sirène supérieure. Si on la fait tourner dans le sens du mouvement du plateau, on diminue un peu le nombre des sorties de l'air, et le ton baisse ; si on la fait tourner en sens inverse, le ton hausse. — A chaque tour de la boîte sur elle-même correspond un nombre déterminé de battements : lorsque ce sont les rangées de 12 trous qui sont ouvertes dans les deux sirènes, on obtient 12 battements, car dans une rotation on amène 12 fois les sons en coïncidence de phases, et cela quelle que soit la vitesse avec laquelle on fait tourner la boîte. — On vérifie ainsi avec

une grande facilité la loi déjà connue que le nombre des battements, dans un temps donné, est égal à la différence du nombre de vibrations doubles des deux sons dans le même temps.

Les battements proviennent donc de ce que deux sons de hauteur voisine sont successivement en coïncidence et en opposition de phases, et que, par conséquent, ils se renforcent ou s'annulent successivement.

On peut rendre ce phénomène visible à l'œil, pour ainsi dire, en communiquant le mouvement complexe résultant des deux sons à un corps tel qu'une membrane susceptible de prendre un mouvement concomitant que l'on observe à l'aide du phonautographe : on reconnaît, d'après la trace qu'un style fixé à la membrane marque sur un cylindre en mouvement, que les vibrations prennent périodiquement un maximum et un minimum d'amplitude.

Il doit se passer quelque chose d'analogue dans l'oreille : les corpuscules de Corti doivent prendre un mouvement vibratoire semblable à celui de la membrane. Rappelons-nous, en effet, que les corps, dont la masse est petite et qui entrent facilement en vibration, sont ébranlés non-seulement par des sons dont la période de vibration correspond exactement à leur son propre, mais aussi par les sons d'une hauteur voisine. Lorsqu'un son frappe l'oreille, ce ne sont donc pas uniquement les corpuscules de Corti, qui sont susceptibles de vibrer exactement à l'unisson, qui sont ébranlés : les corpuscules, dont la vitesse de vibration se rapproche de celle du son, entrent aussi en mouvement, quoiqu'avec une énergie d'autant plus faible que l'écart du nombre des vibrations est plus grand. Donc, deux sons très-rapprochés

de hauteur l'un de l'autre ébranleront les mêmes corpuscules qui, en vertu des interférences, seront soumis à des alternatives de mouvement fort et de mouvement faible.

Il résulte de là que, pour produire le phénomène des battements, il faut que les deux sons simultanés soient rapprochés l'un de l'autre. C'est en effet ce que l'expérience confirme pleinement. Si, par exemple, on produit simultanément les sons si_3 (495 vibrations doubles) et ut_4 (528 vibrations), différant d'un demi-ton, ils doivent donner naissance à 33 battements par seconde (528 — 495 = 33). L'oreille perçoit parfaitement l'intermittence du son résultant de ces battements rapides : le son est rauque et roulant. — Opérons maintenant à une octave plus bas : pour obtenir 33 battements par seconde il faudrait un intervalle non plus d'un demi-ton, mais d'un ton entier, puisque le nombre des battements est la différence des nombres de vibrations doubles des deux sons; or, en donnant l'ut_3 (264 vibrations) et le $ré_3$ (297 vibrations) on obtient un son dans lequel les battements sont beaucoup moins sensibles que lorsqu'on donnait si_3 et ut_4 ; et pourtant le nombre des battements est le même. — Opérons à une octave plus bas encore : la tierce ut_2 (132 vibrations) et mi_2 (165 vibrations) doit donner encore 33 battements; or, c'est à peine s'il est possible de distinguer la moindre trace de la sensation d'intermittence qui était si marquée pour l'intervalle si_3 ut_4. Cela provient de ce que l'intervalle est plus grand, et que, par suite, les sons n'affectent plus les mêmes filaments nerveux.

On admettait autrefois que lorsque l'intervalle de deux sons s'aggrandissait, les battements dont le nombre allait en croissant, cessaient bientôt de produire sur l'oreille

une impression de discontinuité, et que la sensation devenait celle d'un son continu que l'on estimait être le premier son de différence. Nous avons déjà vu qu'il n'en est pas ainsi et que la cause des sons de combinaison est tout autre. Du reste les faits que nous venons de citer en dernier lieu, sont aussi contraires à l'ancienne interprétation, puisque les battements ne se manifestent que pour des sons rapprochés de hauteur. De plus, et ceci est très-important, le nombre des battements peut devenir très-considérable sans que l'oreille cesse d'en reconnaître l'existence, sans que la sensation âpre et désagréable qui les caractérise se fonde en un son continu. Suivons ce qui se passe à mesure que les battements deviennent de plus en plus rapides. Si l'on commence par deux sons d'une hauteur extrêmement rapprochée, on entend un très-petit nombre de battements, 3 ou 4 dans la seconde par exemple ; l'oreille les suit alors dans toutes leurs phases ; on peut les compter aisément ; en même temps, la sensation n'est pas dure, il semble simplement que l'on entende un seul son variant périodiquement d'intensité. En augmentant l'intervalle des deux sons, les battements deviennent de plus en plus rapides, on ne peut plus les compter, mais l'oreille continue à percevoir la discontinuité, le son devient âpre et rauque; c'est quand le nombre des battements atteint le chiffre de 20 ou de 30 par seconde que cette impression est la plus prononcée et que le son prend le maximum de rudesse. La sensation que l'oreille éprouve est tout à fait semblable à celle d'un seul son, rendu mécaniquement intermittent par un moyen quelconque, par exemple, en faisant arriver dans un tuyau à anche un courant d'air qui est périodiquement inter-

rompu par une sirène. — On peut accélérer encore les battements sans que le son perde pour l'oreille son caractère de discontinuité. Pour y arriver il faut, non pas augmenter l'intervalle, car alors les battements ne se produisent plus, mais opérer sur des sons voisins plus aigus. Ainsi l'intervalle si_3 ut_4 donne 33 battements, l'intervalle si_4 ut_5 en donne 66, l'intervalle si_5 ut_6 132, etc. — L'oreille peut encore percevoir la discontinuité de son correspondant à 132 battements, mais c'est à peu près la limite, et la sensation a beaucoup perdu de sa rudesse : elle tend à devenir continue.

C'est à cette impression désagréable et pénible résultant des battements rapides, que M. Helmholtz attribue l'effet que les dissonances produisent sur l'oreille : deux sons très-voisins de hauteur blessent notre organe de l'ouïe, parce que la sensation est intermittente, dure, inégale. L'analogie avec d'autres sens fait comprendre pourquoi une impression discontinue est pénible. En général, les nerfs acquièrent un maximum d'excitabilité par le repos : sous l'influence d'une excitation continue leur sensibilité s'émousse ; mais s'il y a des intervalles, les nerfs pendant ces repos reprennent leur susceptibilité première. Ainsi une lumière vacillante fatigue la vue, et, pour le toucher, le frottement exercé par une pointe produit une sensation plus vive sur la peau, que le simple contact exercé avec la même pression. Seulement tous les sens n'ont pas la même aptitude à distinguer l'intermittence ; pour l'œil la sensation devient bientôt continue si les impressions se succèdent de plus en plus rapidement, tandis que l'oreille résout plus facilement en sensations séparées des bruits qui se succèdent à petits intervalles : on sait, par exemple, que les astronomes distinguent

la non-coïncidence des battements de deux pendules qui ne diffèrent que de $^1/_{100}$ de seconde environ.

En résumé, la rudesse de l'impression qui résulte des battements, dépend à la fois de l'intervalle musical des sons qui la produisent et de la rapidité avec laquelle les battements se succèdent. Il s'ensuit que pour un même intervalle, la rudesse du son variera avec la hauteur absolue. C'est pour cela que la dissonance correspondant à un intervalle d'un ton est très-sensible pour les notes graves, moins marquée pour les notes moyennes et à peine appréciable pour les notes aiguës ; en effet, à mesure que l'on s'élève dans l'échelle, le nombre des battements s'accroît, et il dépasse bientôt la limite au delà de laquelle la sensasion devient continue. De même la tierce majeure et la tierce mineure, qui sont consonnantes dans les régions moyennes et aiguës de l'échelle des tons, deviennent rauques dans les notes tout à fait basses[1].

[1] M. Helmholtz consacre un chapitre de son ouvrage à la détermination des sons les plus graves que l'oreille peut percevoir, question qui avait reçu des solutions diverses. Différents observateurs avaient trouvé pour cette limite inférieure des sons des nombres variant entre 8 et 30 vibrations doubles par seconde. Nous nous bornerons à indiquer rapidement ici, le résultat auquel l'auteur est arrivé en utilisant pour ses recherches l'observation des battements.

L'intensité des sons de hauteur diverse est loin d'être proportionnelle à la force vive du mouvement de l'air ; à égalité, de force vive, les sons graves produisent une sensation beaucoup moins énergique que les sons aigus. Cette différence est particulièrement sensible dans les parties les plus basses de l'échelle des sons musicaux. Il en résulte que l'impression produite par les sons partiels supérieurs peut alors être exagérée et prédominante pour l'oreille : on peut facilement se tromper et croire que l'on entend le son fondamental, tandis qu'en réalité on ne perçoit qu'un son supé-

Dans ce qui précède nous avons fait abstraction des sons supérieurs qui caractérisent le plus grand nombre des timbres musicaux, ainsi que des sons de combinaison qui se produisent lorsque deux sons se font entendre simultanément. Dans ce cas limité et simple nous avons vu qu'il ne se produit de battements que lorsque l'intervalle des deux sons est petit. Mais le phénomène est généralement beaucoup plus compliqué, car les sons supérieurs et les sons de combinaison peuvent produire des battements aussi bien que les sons simples.

Occupons-nous d'abord des battements des sons supérieurs. Si l'on produit deux sons simultanés, toutes les fois que deux tons partiels seront très-rapprochés de hauteur, on aura des battements qui produiront des effets complétement analogues à ceux que nous avons décrits plus haut ; seulement ces effets seront en général moins prononcés parce que les sons supérieurs, ont moins d'intensité que les sons fondamentaux ; en particulier l'influence des sons partiels d'un ordre élevé sera presque toujours négligeable[1].

rieur. L'observation des battements permet de résoudre cette difficulté. M. Helmholtz arrive à conclure que la sensation d'un son musical ne commence que pour trente vibrations doubles environ par seconde, et même avec des sons aussi bas, l'oreille n'est pas encore apte à juger de la hauteur relative des sons ; elle ne commence à en avoir le sentiment que lorsque le nombre de vibrations s'élève à quarante. Dans les appareils qui produisent un son pour un nombre de vibrations plus faible, comme celui de Savart, ce n'est pas le son fondamental, mais les sons supérieurs que l'on entend.

[1] Les tons partiels les plus aigus d'un seul son musical sont déjà en dissonance les uns avec les autres ; il est rare qu'ils aient assez d'énergie pour que l'oreille puisse en apprécier l'effet, toutefois les sons des instruments de cuivre, par exemple, doivent

Or il est facile de voir que deux sons simultanés faisant entre eux un de ces intervalles nommés *consonnances*, ne doivent pas donner lieu à des battements, ce qui explique pourquoi l'impression qu'ils produisent est continue et agréable.

Prenons quelques exemples. Supposons d'abord que nous ayons deux sons exactement à l'*octave* l'un de l'autre : tous les tons partiels du son le plus haut coïncideront rigoureusement avec les tons partiels de rang pair du son le plus bas. Donc, en ajoutant à une note son octave supérieure, on n'apporte aucun son simple nouveau, il ne peut se produire aucun battement, les deux sons ne se troublent pas mutuellement. Mais modifions un peu la hauteur de l'une des notes, alors le deuxième ton partiel de la note la plus grave ne coïncidera plus exactement avec le son fondamental de la note aiguë. Il se produira donc des battements; c'est là un fait bien connu et vérifié depuis longtemps. Il en sera de même des autres tons partiels qui ne seront plus deux à deux à l'unisson ; mais comme, en général, leur intensité diminue rapidement à mesure qu'ils s'élèvent dans la série, leurs battements seront moins sensibles et comparativement négligeables. Si les deux sons fondamentaux s'écartent très-peu de l'octave exacte, les battements seront lents et faciles à compter ; mais ils s'accélèreront si l'écart s'accroît, et donneront au son résultant le caractère désagréable de rudesse et de discontinuité des disonances. Il résulte de là que l'oreille saisira très-bien la différence entre une octave juste et une octave altérée ; car c'est l'accord exact seul qui

leur éclat et leur rudesse comparative, aux sons harmoniques aigus qui sont assez intenses et assez rapprochés les uns des autres pour produire des battements.

est caractérisé par l'absence de battements. L'intervalle de l'octave est donc bien défini et nettement limité par la coïncidence du deuxième ton partiel de l'un des sons avec le ton fondamental de l'autre, relation que l'on peut représenter par la notation 1 : 2. Ces tons partiels comparés à ceux d'un ordre plus élevé ont une grande intensité, et par suite la consonnance sera très-tranchée et facilement appréciable à l'oreille.

Pour l'intervalle de *douzième*, chacun des tons partiels de la note la plus aiguë coïncidera encore avec l'un de ceux de la note la plus grave. L'absence de battements et la consonnance seront aussi complètes que pour l'octave. Si l'on altère un peu l'intervalle, il se produira aussitôt des battements qui serviront encore à définir et à limiter la consonnance. Seulement la limite sera un peu moins sensible que pour l'octave, parce que c'est le troisième ton partiel de la note grave, au lieu du deuxième, qui coïncide avec le son fondamental de la note aiguë : la notation représentant la consonnance de la douzième est 1 : 3 au lieu de 1 : 2 qui représentait l'octave. Les battements qui se produisent quand l'intervalle n'est pas parfaitement juste seront donc un peu moins prononcés que dans le cas précédent.

En général tous les intervalles analogues à l'octave et à la douzième, c'est-à-dire ceux dont la note aiguë forme l'un des sons harmoniques de la note la plus grave, donneront lieu à des consonnances absolues. Mais à mesure que l'on s'élèvera dans la série, l'intervalle sera de moins en moins bien limité pour l'oreille.

Quant à la *quinte*, la consonnance est caractérisée par la coïncidence du deuxième ton partiel de la note la plus aiguë avec le troisième ton partiel de la note la plus

grave. La notation est 2:3. La consonnance est très-bonne, c'est-à-dire que le son résultant est très-pur. Il est vrai que le troisième ton partiel de la note la plus haute ne forme qu'un intervalle d'un ton avec le quatrième et avec le cinquième ton partiel de la note la plus basse, mais eu égard à la faiblesse de ces sons et généralement à leur grande hauteur absolue, leur dissonance n'est pas sensible, elle est complétement masquée par l'intensité des sons partiels inférieurs [1]. Quant au septième et cinquième ton partiel, dont l'intervalle n'est que d'un demi-ton, ils sont trop élevés dans la série pour avoir une influence. — Si l'on altère l'intervalle, il se produit des battements faciles à entendre. La consonnance de la quinte est donc encore nettement fixée pour l'oreille, quoiqu'un peu moins bien que l'octave.

Pour la *quarte*, c'est le troisième ton partiel de la note grave qui coïncide avec le quatrième de la note aiguë, 3:4. La consonnance est encore très-bonne, pas si bonne cependant que pour la quinte [1]. Mais l'intervalle est no-

[1] Si l'on suppose que les deux notes fondamentales soient l'*ut*$_3$ (264 vibrations doubles par seconde) et le *sol*$_3$ (396 vibrations), le quatrième et le cinquième ton partiel de l'*ut*$_3$, combinés avec le troisième du *sol*$_3$, produiront 142 et 122 battements par seconde. Or avec des sons simples intenses et pour un intervalle moindre d'un ton, l'oreille cesse de percevoir les battements dont le nombre s'élève à 132; il est donc clair que ces battements beaucoup moins énergiques, puisqu'ils proviennent de sons supérieurs et que l'intervalle dissonant est d'un ton, doivent être tout à fait insensibles. Toutefois dans les notes très-basses, et sur un instrument à sons supérieurs très-développés (orgue expressif), on reconnaît que la quinte est un peu rauque comparativement à l'octave, parce que, dans ces circonstances, les battements dont nous venons de parler deviennent perceptibles.

[1] Si les notes fondamentales sont *ut*$_3$ et *fa*$_3$, le nombre des bat-

tablement moins bien limité, parce qu'il est défini par les battements des troisième et quatrième sons partiels dont l'intensité est déjà faible.

Pour les autres intervalles formant des consonnances plus ou moins parfaites, les notations suivantes indiquent quels sont les tons partiels qui coïncident: *sixte majeure*, 3 : 5; *tierce majeure*, 4 : 5; *tierce mineure*, 5 : 6, etc. Les intervalles sont de moins en moins bien limités pour l'oreille.

Quant aux intervalles de deux notes de la gamme, formant des dissonances, on se rend facilement raison de l'effet qu'ils produisent en les considérant comme des consonnances altérées. Ainsi la *septième majeure* (*ut*, *si*) peut être regardée comme une octave dont on a baissé la note la plus élevée d'un demi-ton; on aura par conséquent des battements énergiques entre le son fondamental de la note aiguë et le deuxième son partiel de la note grave. — L'intervalle de la seconde mineure (*ut*, *ré*♭), considérée comme une altération de l'unisson, donnera une dissonance encore plus prononcée, puisqu'elle provient des battements des deux sons fondamentaux.

Il est facile de vérifier expérimentalement l'exactitude de ces faits et de reconnaître que les battements accompagnant les différentes consonnances altérées proviennent bien de l'interférence des tons partiels que nous avons

tements correspondant aux sons partiels 3 et 4, écartés d'un ton, est de 88 ; il est aussi de 88 pour les sons partiels 4 et 5 écartés d'un demi-ton. Ce chiffre est bien supérieur encore à celui qui produit le maximum de rudesse. De plus, l'intervalle d'un ton des sons 3 et 4 est déjà trop grand pour que les battements soient forts. En présence des sons partiels inférieurs qui sont plus intenses, l'influence de ces battements disparaît, à moins que la quarte ne soit jouée dans les notes graves.

indiqués. La double sirène polyphone se prête admirablement à ces expériences. Pour produire une consonnance rigoureuse, il suffit d'ouvrir dans la boîte inférieure et dans la boîte supérieure une rangée de trous en nombre convenable. Puis pour altérer l'intervalle, on n'a qu'à tourner la manivelle qui entraîne la boîte supérieure, et l'on peut calculer aisément auquel des tons partiels il faut attribuer les battements d'après leur nombre pour un tour de la boîte sur elle-même. — On parvient à la même vérification pour des sons produits par des instruments quelconques, en employant des résonnateurs qui renforcent les battements produits par des sons de hauteur rapprochés de leur son propre.

Les limites de cet article ne nous permettent pas de suivre M. Helmholtz dans une analyse plus détaillée de ces phénomènes. Il y a naturellement de nombreuses causes de diversité, suivant l'intervalle que l'on considère, la hauteur absolue et le timbre des sons que l'on emploie. Nous reproduisons toutefois le résumé que l'auteur donne de cette partie de ses recherches.

« Lorsque deux sons musicaux se font entendre simultanément, il se produit en général des perturbations du son résultant, causées par les battements des tons partiels, en sorte qu'une plus ou moins grande partie de la masse du son dégénère en impulsions sonores séparées et que le son devient rauque. Nous appelons *dissonance* l'effet qui se produit alors.

« Mais cette règle souffre des exceptions pour certains rapports déterminés entre les nombres de vibrations, soit parce qu'il ne se produit point de battements, soit parce que les battements sont si faibles qu'ils ne causent pas une perturbation désagréable à l'oreille. Nous nommons *consonnances* ces cas exceptionnels.

« 1° Les consonnances les plus parfaites sont celles que nous avons nommées *consonnances absolues* et pour lesquelles le son fondamental de l'une des notes coïncide avec l'un des tons partiels de l'autre note. Telles sont l'*octave*, la *douzième*, la *double octave*.

« 2° Viennent ensuite la *quinte* et la *quarte* que nous appellerons *consonnances parfaites*, parce qu'elles peuvent être employées dans toute l'étendue de l'échelle des sons sans perturbation notable. De ces deux intervalles, c'est la quarte qui est la consonnance la moins parfaite, elle se rapproche du groupe suivant de consonnances, auxquelles elle est seulement supérieure dans la pratique musicale, parce que dans la formation des accords elle forme le complément de la quinte à l'octave.

« 3° Le groupe suivant comprend la *sixte majeure* et la *tierce majeure*, que nous pouvons nommer *consonnances moyennes*. Les anciens harmonistes ne les considéraient que comme des consonnances imparfaites. La perturbation de la pureté du son est déjà très-sensible pour les notes graves ; mais elle disparaît dans les positions aiguës, parce que les battements deviennent assez rapides pour s'effacer. Pour les bons timbres musicaux, ces deux consonnances sont encore caractérisées par elles-mêmes, car toute altération de l'intervalle détermine distinctement des battements des tons supérieurs qui séparent nettement ces deux intervalles de tous les intervalles voisins.

« 4° Les *consonnances imparfaites* de la *tierce mineure* et de la *sixte mineure* ne sont généralement plus fixées par elles-mêmes, parce que dans les bons timbres musicaux les sons supérieurs qui les limitent manquent souvent pour la tierce et habituellement pour la sixte,

en sorte qu'une petite altération de l'intervalle ne produit pas nécessairement des battements. Dans les positions basses, ces consonnances sont d'un emploi encore plus défectueux que les précédentes, et leur supériorité sur plusieurs autres intervalles qui sont à la limite des consonnances et des dissonances, provient seulement de ce qu'elles sont nécessaires dans la formation des accords pour compléter la sixte majeure et la tierce majeure par l'octave ou la quinte. Comme douceur du son, la septième harmonique[1] 4 : 7, est très-souvent supérieure à la sixte mineure, en particulier lorsque le troisième ton partiel est intense comparativement au deuxième, car alors la perturbation provenant de la quinte altérée d'un demi-ton, qui forme la sixte mineure, est plus forte que la perturbation de l'octave altérée d'un ton entier, qui forme la septième harmonique. Mais combinée avec d'autres consonnances dans un accord, la septième harmonique introduit évidemment des intervalles plus mauvais qu'elle ne l'est elle-même, tels que 6 : 7, 5 : 7, 7 : 8, etc.; en sorte que dans la musique actuelle elle n'est pas employée comme consonnance.

« 5° Quand on augmente ces intervalles d'une octave de plus, on améliore les consonnances de quinte et de tierce majeure qui se transforment en douzième et dixième majeure. Au contraire on rend moins bonnes les consonnances de quarte et de sixte majeure changées en onzième et treizième, et surtout celles de tierce mineure et de

[1] Nous désignons sous ce nom l'intervalle 4 : 7 qui n'est pas employé en musique, mais qui se rapproche beaucoup de la septième mineure 5 : 9. Il est formé de la tonique *ut* et d'un son faisant partie de la série des harmoniques (le 7me) qui est un peu plus bas que le *si*^{b}.

sixte mineure changées en dixième mineure et treizième mineure, qui sont beaucoup moins harmonieuses que les intervalles 2 : 7 et 3 : 7.

« Cet ordre dans lequel nous venons de ranger les consonnances, ne se rapporte qu'à l'effet produit par ces intervalles pris à part sans liaison avec d'autres, et en laissant de côté tous les rapports de gamme, de mode ou de modulation... »

Nous avons encore à nous occuper des battements qui peuvent être produits par les sons de combinaison.

Les sons de différence de premier ordre, qui sont les plus importants à cause de leur intensité, sont toujours à un grand intervalle des deux sons primaires, excepté pour l'octave (Voyez le tableau, p. 232). Il résulte de là qu'ils ne peuvent donner de battements que s'il s'agit de deux sons pourvus de tons supérieurs [1].

Dans ce cas, tous les sons partiels composants se combinent deux à deux, et donnent naissance à un nombre correspondant de sons de différence de premier ordre. Or on peut démontrer mathématiquement que ces sons de différence de premier ordre produisent exactement les mêmes battements que les sons partiels composant les sons primaires (en supposant complète la série des harmoniques). Par conséquent ce cas se ramène à celui des battements produits immédiatement par les sons supérieurs ; leur intensité seule peut être un peu augmentée.

Les sons de combinaison d'ordres supérieurs ont de l'importance dans le cas où deux sons *simples* se font

[1] Les sons de différence de premier ordre exercent aussi une influence quand il s'agit de plus de deux sons simultanés simples ou composés.

entendre à la fois [1]; nous avons vu que dans ce cas, il ne peut se produire de battements que si les deux sons donnés sont d'une hauteur très-rapprochée. Il n'y aurait donc aucun caractère spécial permettant à l'oreille de distinguer les intervalles consonnants et dissonants, sans les sons de combinaison qui viennent les déterminer jusqu'à un certain point, en jouant le rôle que nous avons attribué aux harmoniques supérieurs pour les sons composés.

Pour l'octave, le premier son de différence suffit pour déterminer la consonnance; en effet, si l'octave est juste, ce son coïncide avec la plus basse des deux notes primaires; il n'y aura donc pas de perturbation. Mais si l'on altère l'intervalle on entendra aussitôt des battements.

Pour la quinte, ce n'est plus le premier son de différence, mais l'un des sons de deuxième ordre qui caractérise la consonnance. Supposons que les notes primaires résultent des nombres de vibration 200 et 300; le premier son de différence sera de 100 vibrations et en le combinant avec le son primaire 200, il produira un son de deuxième ordre de 100 vibrations, qui coïncidera avec le premier son de différence [2]. Ces deux derniers sons don-

[1] Scheibler avait déjà reconnu et étudié les battements dans le cas qui nous occupe.

[2] En jetant un coup d'œil sur le tableau des sons de différence (p. 232), il peut sembler au premier abord, que c'est la coïncidence du son primaire grave avec le plus aigu des sons de différence de deuxième ordre, qui doit fixer la consonnance de quinte. Mais il est facile de voir que l'intervalle peut être altéré sans que cette coïncidence cesse d'exister; en effet, le nombre de vibrations du son aigu de deuxième ordre s'obtient en retranchant du nombre de vibrations du son primaire aigu la différence des nombres de vibrations des deux sons primaires, ce qui doit nécessairement reproduire le son primaire grave, quel que soit l'intervalle. La même remarque s'applique aux intervalles de quarte, tierce, etc.

neront naissance à des battements si la coïncidence n'est pas parfaite, c'est-à-dire si l'intervalle est altéré. — Mais pour qu'il soit possible d'entendre ces battements, il faut déjà que les sons primaires soient forts et soutenus.

Pour la quarte, c'est un son de différence de troisième ordre qui, par sa coïncidence avec un des sons de deuxième ordre, détermine la consonnance ; mais l'observation des battements quand la quarte n'est pas juste devient déjà très-difficile.

Enfin pour la tierce majeure ce serait à un son de quatrième ordre qu'il faudrait recourir, et il est à peu près impossible que l'oreille en apprécie l'effet. La consonnance n'est donc plus fixée, et, en réalité, l'observation montre qu'avec deux sons *simples* à la tierce, on peut altérer l'intervalle sans que l'oreille en éprouve une impression pénible : l'intervalle pourra paraître étrange à un musicien exercé, mais il ne donne pas la sensation ordinaire des dissonances.

Entre les sons simples et les sons pourvus de toute la série des harmoniques supérieurs, il y a des timbres intermédiaires pour lesquels un certain nombre de sons partiels font défaut. Dans ce cas, on peut dire en général que les sons de combinaison suppléent aux harmoniques qui manquent pour déterminer les consonnances ; mais les battements qu'ils produisent sont moins forts et la rudesse qu'ils communiquent au son, lorsque l'intervalle est altéré est moins prononcée, en sorte qu'il y a des différences spéciales dans l'effet des dissonances diverses, suivant le timbre des instruments que l'on emploie pour les produire.

Nous n'avons jusqu'ici parlé que des consonnances et

des dissonances proprement dites, c'est-à-dire résultant de deux sons seulement. Si l'on passe aux *accords* formés de trois ou d'un plus grand nombre de sons simultanés, on trouve des faits du même genre.

Pour qu'un accord soit consonnant, il faut évidemment que chacune des notes dont il est composé forme avec chacune des autres un intervalle consonnant. Ainsi dans les limites d'une octave, en admettant comme consonnances les intervalles de quinte, quarte, sixte majeure, tierce majeure, tierce mineure, et même de septième harmonique (4 : 7), les seuls accords de trois notes qui soient consonnants[1], sont :

1	*ut*	*mi*	*sol*	2	*ut*	*mi*^{b}	*sol*
3	*ut*	*fa*	*la*	4	*ut*	*fa*	*la*^{b}
5	*ut*	*mi*^{b}	*la*	6	*ut*	*mi*	*la*

Comme nous ne considérons les accords que pris séparément. nous pouvons, pour plus de clarté, en transposer quelques-uns et les écrire :

1	*ut*	*mi*	*sol*			2	*ut*	*mi*^{b}	*sol*		
5		*mi*	*sol*	*ut*		6		*mi*^{b}	*sol*	*ut*	
3			*sol*	*ut*	*mi*	4			*sol*	*ut*	*mi*^{b}

La série de gauche comprend les accords du mode majeur, et la série de droite les accords du mode mineur. Ces accords contiennent les intervalles de quinte, quarte, tierce majeure, sixte majeure, tierce mineure, sixte mineure. Comme ces diverses consonnances ne sont pas également bonnes, les accords ne seront pas non plus également harmonieux ; les tierce et sixte mineures sont très-inférieures aux tierce et sixte majeures, qui elles-mêmes sont inférieures à la quarte et à la quinte. Il en

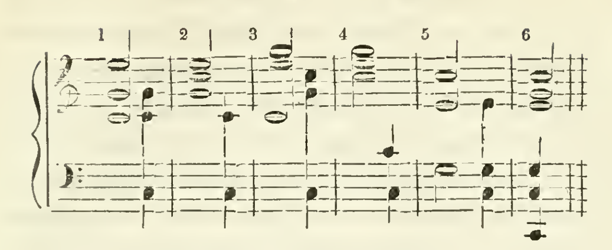
[1] Il est clair qu'il s'agit ici des notes de la gamme pure et non point de la gamme tempérée, ce qui exclut des accords tels que *ut*, *mi*, *la*^{b}, etc.

résulte que pour les accords majeurs, le plus pur est le n° 3, puis vient le n° 1, puis le n° 5 ; quant aux accords mineurs, ils doivent être rangés dans l'ordre suivant : n° 6, 2 et 4.

Il semblerait que les accords fondamentaux, majeur et mineur n° 1 et n° 2, devraient être égaux en pureté de son, puisque chacun contient une quinte, une tierce majeure et une tierce mineure. Cependant il n'en est pas ainsi, car il faut tenir compte des sons de combinaison. Il est facile de reconnaître que déjà les sons de différence de premier ordre des sons fondamentaux, introduisent pour les accords mineurs des sons étrangers à l'accord, tandis que pour les accords majeurs, ils ne font que reproduire à une autre octave les notes dont l'accord est composé. De plus, ceux des sons de combinaison de l'un des sons fondamentaux avec l'un des sons supérieurs, qui sont assez intenses pour qu'on puisse les distinguer, rentrent aussi dans l'accord pour le mode majeur, tandis que pour le mode mineur, non-seulement ils sont étrangers à l'accord, mais encore ils doivent donner des battements. Ainsi s'explique la différence si sensible à l'oreille des deux modes que l'on emploie en musique.

Si l'on sort des limites d'une octave, on trouve facilement par l'examen des sons de combinaison, que les différentes positions des accords à trois ou quatre notes ne sont point indifférentes. Nous en donnerons comme exemple, dans les deux tableaux suivants, les meilleures et les moins bonnes positions de l'accord majeur de trois notes dans la limite de deux octaves. Les notes de l'accord sont représentées par des blanches, et les sons de différence de premier ordre par des noires. Le signe × placé devant une note indique une élévation d'un peu moins d'un demi-ton.

Positions les meilleures.



Positions les moins bonnes.



Il est à remarquer que la pratique musicale s'accorde en général avec les résultats de cette étude de l'influence qu'exerce la position des accords. Les compositions les plus renommées pour la douceur et la pureté de leur harmonie, telles que la première partie de l'*Ave verum corpus* de Mozart, contiennent principalement les positions de l'accord majeur à quatre notes que l'examen des sons de combinaison fait ranger parmi les plus harmonieuses.

Nous touchons à la fin de la partie des recherches de M. Helmholtz qui reposent sur des principes purement scientifiques; mais avant d'aller plus loin, nous demandons la permission de traduire quelques-unes des pages dans lesquelles l'auteur jette un coup d'œil rétrospectif sur le champ que nous avons parcouru avec lui.

« Les phénomènes acoustiques des sons supérieurs, des sons de combinaison et des battements nous ont servi de point de départ. Depuis longtemps, les musiciens et les physiciens connaissaient ces phénomènes ainsi que les traits essentiels des lois qui les régissent. Nous n'avons eu qu'à pousser l'étude de chacun d'eux plus loin qu'on ne l'avait fait jusqu'ici. Nous avons réussi à trouver des méthodes qui, comparées à celles que l'on employait précédemment, rendent facile l'observation des sons supérieurs. A leur aide, nous avons montré qu'à peu d'exceptions près, les sons de tous les instruments de musique sont accompagnés de sons supérieurs, et en particulier que les timbres les plus favorables pour la musique contiennent au moins un certain nombre des sons harmoniques les moins aigus doués d'une intensité assez grande, tandis que les sons simples, tels que ceux des tuyaux d'orgue fermés, produisent un effet musical très-peu satisfaisant. Inversément nous avons trouvé que, dans les meilleurs timbres musicaux, les sons partiels aigus, à partir du 7me environ, doivent être faibles, condition sans laquelle le timbre devient trop éclatant, surtout dans les accords. Relativement aux battements, notre tâche a consisté à rechercher ce qu'il advient lorsqu'ils se succèdent de plus en plus rapidement. Nous avons trouvé qu'ils se transforment en cette impression d'âpreté caractéristique des dissonances. Ce passage est susceptible de s'effectuer tout à fait graduellement, on peut l'observer dans toutes ses phases, et il résulte clairement de la plus simple observation des sensations que l'existence même de la dissonance repose seulement sur des battements rapides. Ceux-ci sont rauques et désagréables pour les nerfs de l'ouïe, parce que les excitations

intermittentes agissent plus vivement que les sensations égales et soutenues. A cette raison s'ajoute peut-être aussi un motif psychologique, car les chocs successifs d'une dissonance exercent sur nous, comme les battements plus lents, l'impression d'impulsions sonores, séparées sans doute, mais sans que nous puissions reconnaître qu'elles sont réellement distinctes et sans que nous puissions les compter ; elles forment, par conséquent, un son confus que nous ne pouvons pas clairement résoudre dans ses éléments. C'est dans ce que la dissonance a de *rauque* et de *confus* que réside, croyons-nous, la cause de son désagrément. Nous pouvons définir brièvement le sens de cette différence, en disant *qu'une consonnance est une sensation continue, et une dissonance une sensation discontinue.* Deux sons consonnants coulent en flots tranquilles l'un à côté de l'autre, sans se troubler mutuellement, tandis que deux sons dissonants se divisent en une série d'impulsions sonores séparées. Cette manière de présenter les choses correspond parfaitement à l'ancienne définition d'Euclides : « Une consonnance est un « mélange de deux sons, l'un plus aigu, l'autre plus « grave. Une dissonance, au contraire, consiste dans l'in- « capacité que deux sons ont à se mélanger, en sorte « qu'ils deviennent durs pour l'oreille. »

« Ce principe une fois trouvé, il restait à rechercher pour les différents sons simultanés, dans quels cas il se produit des battements, et quelle est l'intensité de ces battements résultant soit des tons partiels, soit des sons de combinaison. Scheibler seul jusqu'ici avait fait cette recherche pour les sons de combinaison de deux sons simples; les lois connues des battements permettaient de l'étendre sans difficulté aux sons composés. Cha-

que conséquence de la théorie dans ce sujet peut être vérifiée par une observation convenablement dirigée, particulièrement si l'on facilite l'analyse de la masse du son en employant les résonnateurs. Tous ces battements des sons supérieurs et des sons de combinaison, dont il a été si souvent parlé dans les chapitres précédents, ne sont pas simplement affirmés par des spéculations théoriques, mais ce sont bien des faits prouvés par l'expérience, et ils peuvent être reconnus sans difficulté par tout observateur exercé si l'expérience est bien conduite. La connaissance des lois de l'acoustique nous a permis de découvrir plus sûrement et plus rapidement les phénomènes dont il s'agit ; mais toutes les assertions dont nous nous sommes servi pour établir la théorie des consonnances et des dissonances telle que nous l'avons donnée, sont basées uniquement sur une analyse exacte des sensations de l'ouïe, analyse qu'une oreille exercée aurait pu faire sans le secours de la théorie, bien que sans doute le fil conducteur que fournit la théorie et l'emploi de moyens d'observation convenables l'aient rendue infiniment plus facile qu'elle ne l'aurait été sans cela.

« En particulier, je prierai le lecteur de remarquer que l'hypothèse de la communication du mouvement vibratoire aux corpuscules de Corti dans l'organe de l'ouïe, n'est pas indispensable à l'explication des consonnances et des dissonances. Cette dernière est basée seulement sur des faits d'observation relatifs aux battements des tons partiels et des sons de combinaison. Cependant je n'ai pas cru devoir laisser de côté cette hypothèse, que naturellement il ne faut pas cesser de considérer comme une simple hypothèse, parce qu'elle rassemble sous un même point de vue tous les phénomènes acoustiques divers que nous

avons eu à considérer et qu'elle en donne une explication claire et facilement intelligible.

« Les derniers chapitres ont montré qu'une étude analytique exacte des sons, basée sur ces principes, conduit à établir entre les intervalles et les accords des distinctions de consonnance et de dissonance, qui sont précisément les mêmes que celles que l'on a adoptées jusqu'ici dans l'art de l'harmonie musicale. Nous avons aussi fait voir que nos recherches donnent sur les intervalles et les accords pris à part, des notions encore plus spéciales que les lois générales de l'harmonie n'ont pu le faire jusqu'ici ; l'observation faite avec des instruments accordés sans tempérament, ainsi que l'exemple des meilleurs compositeurs, ont confirmé nos conclusions sous ce rapport.

« Ainsi je n'hésite pas à dire que c'est la véritable cause des consonnances et des dissonances des sons musicaux qui a été exposée dans ces recherches, et que l'explication est suffisante, fondée qu'elle est sur une analyse rigoureuse des sons et sur des principes purement scientifiques et non pas esthétiques.... .. »

Nous serons très-bref dans ce que nous dirons de la troisième et dernière partie de l'ouvrage de M. Helmholtz, qui est plus particulièrement consacrée à la théorie de la musique ; en effet, d'une part, ce sujet s'écarte un peu du champ purement scientifique qu'embrasse ce recueil, et, d'autre part, pour qu'une analyse complète fût possible, nous serions entraîné à de longs développements sur des notions relatives à l'histoire de la musique et à la science de l'harmonie, que nous ne pouvons pas supposer familières à la plupart de nos lecteurs.

L'art de la musique en général, l'emploi d'échelles de tons diverses, les règles de la mélodie et de l'harmonie, ne reposent pas sur des lois immuables. Toutefois le choix de ces éléments n'est pas absolument arbitraire ; il est dirigé par des motifs en partie de l'ordre psychologique, en partie de l'ordre physique.

Pour comprendre le rôle de l'idée psychologique, il faut recourir à l'histoire de la musique, qui nous montre que dans l'art musical des systèmes essentiellement différents ont régné tour à tour, chacun d'entr'eux étant basé sur une idée fondamentale différente.

On peut distinguer à cet égard trois périodes ou trois systèmes principaux, qui sont la musique *homophone*, la musique *polyphone*, et la musique *moderne ou harmonique*.

1° Dans la musique homophone, on n'emploie pas de sons simultanés, c'est dans la succession des sons isolés qu'il faut chercher l'effet artistique. La musique homophone est trop pauvre pour pouvoir à elle seule et par elle-même donner naissance à un art développé et puissant ; elle n'arrive guère qu'à produire quelques airs de danse ou quelques marches. Pour servir à une production artistique réellement riche, elle a besoin du secours de la poésie. Dans le langage ordinaire nous émettons des sons, dont le caractère musical est en partie voilé par les bruits de l'accentuation ; mais il est facile de reconnaître que nous parlons sur des notes de hauteur diverse, dont l'emploi est pour nous un moyen de donner de l'expression au discours. C'est, pour ainsi dire, l'exagération ou l'embellissement de ces modulations qui constitue la musique homophone ; c'était celle de l'an-

tiquité et de l'Église dans la première période du moyen âge ; on la retrouve chez tous les peuples à l'origine du développement artistique.

Tandis que dans la musique moderne nous n'employons que deux modes, la gamme majeure et la gamme mineure, on rencontre dans les diverses variétés de musique homophone des modes tout différents et comprenant des séries de sons qui nous paraîtraient étranges. En particulier, on ne retrouve point toujours cette prédominance, que nous donnons à une note spéciale, la tonique, qui fixe le ton, par laquelle une composition musicale doit commencer et finir, autour de laquelle tout vient se grouper. Cette importance de la tonalité est devenue si naturelle pour nous, que nous avons quelque peine à nous représenter ce que l'art musical était chez les anciens : ce ne sont guère que les chants liturgiques de l'Église romaine, et les récitatifs de nos opéras, qui peuvent nous en donner l'idée.

2° Dans la musique polyphone, on cherchait à jouer simultanément deux ou plusieurs mélodies, qui devaient progresser à la fois sans produire de dissonances. L'accord et la consonnance n'étaient ni le but, ni le moyen de produire l'impression esthétique qui devait se trouver dans les mélodies seulement : on ne faisait qu'éviter les dissonances. Ce système qui a été employé au moyen âge (discants, canons), n'a pas rempli par lui-même un rôle très-important dans l'histoire de l'art, mais il a beaucoup contribué au développement de la musique moderne en attirant l'attention sur les sons simultanés, et en permettant l'étude expérimentale de l'impression que les divers intervalles produisent sur l'oreille.

3° Dans la musique moderne harmonique, l'effet des

consonnances et des dissonances sert par lui-même de moyen esthétique; la diversité des accords successifs contribue ou suffit même à produire les impressions artistiques. En même temps l'idée de la tonalité, c'est-à dire de la prédominance d'une note, prend tout son développement, ce qui a conduit à n'admettre que le mode majeur et le mode mineur, à l'exclusion des anciens modes grecs ou ecclésiastiques incompatibles avec ce principe.

A côté de ces différences bien caractéristiques dans l'idée qui a présidé au développement des diverses périodes musicales, il y a des principes physiques dirigeant forcément le compositeur dans le choix des sons qu'il emploie comme matériaux.

Remarquons d'abord, et ceci est encore un fait psychologique, que, dans tous les systèmes musicaux, on ne fait pas varier la hauteur des sons d'une manière graduelle et continue : on procède par sauts. Il semble que ces degrés, séparés les uns des autres, permettent de rendre plus facilement l'impression du mouvement; il y a là quelque chose d'analogue au rhythme. Il y a donc une limite au nombre des sons que l'on emploie dans chaque système : on choisit un certain nombre de sons à l'exclusion de tous les autres. — Mais quelle est la règle qui dirige ce choix? Pourquoi prend-on certains sons plutôt que d'autres?

M. Helmholtz en trouve la raison dans un principe purement physique, dans une relation que les sons ont entre eux, et qu'il désigne sous le nom de *parenté* (Verwandtschaft).

Cette parenté, ce rapport, peut être plus ou moins évi-

dent, plus ou moins intime. Ainsi faisons entendre une note, puis son octave : incontestablement l'oreille trouvera une ressemblance entre ces deux sons. Grâces à l'étude que nous avons faite du timbre et des sons partiels, il nous est facile de comprendre la cause de cette ressemblance : deux sons à l'octave l'un de l'autre contiennent un grand nombre de tons partiels communs. Supposons que les deux notes soient l'*ut*$_1$ et l'*ut*$_2$, les tons partiels plus ou moins intenses qui les composent sont les suivants :

Tons partiels de l'Ut$_1$:	*ut*$_1$	*ut*$_2$	*sol*$_2$	*ut*$_3$	*mi*$_3$	*sol*$_3$	*si*$^b_3$	*ut*$_4$, etc.
Tons partiels de l'Ut$_2$:		*ut*$_2$		*ut*$_3$		*sol*$_3$		*ut*$_4$, etc.

Donc, en donnant l'*ut*$_2$ après l'*ut*$_1$, on ne fait entendre à l'oreille aucun son simple nouveau ; elle perçoit seulement une partie de ce qu'elle a entendu précédemment. L'analogie, la parenté est évidente ; pour l'intervalle d'octave, c'est presqu'une identité.

Si nous passons à l'intervalle de quinte, nous trouvons encore une parenté facilement constatée par l'oreille, et justifiée par l'identité de certains tons partiels :

Tons partiels de l'Ut$_1$:	*ut*$_1$		*ut*$_2$	*sol*$_2$	*ut*$_3$	*mi*$_3$	*sol*$_3$, etc.
Tons partiels du Sol$_1$:		*sol*$_1$		*sol*$_2$		*ré*$_3$	*sol*$_3$, etc.

La parenté est moins rapprochée que pour l'octave, car le nombre des tons partiels coïncidants est moins considérable, et il y a dans chacune des notes des sons qui ne se retrouvent pas dans l'autre. — Nous pourrions multiplier indéfiniment les exemples

Le principe qui dirige dans le choix des notes dont on composera une échelle musicale, c'est que les notes doivent avoir entre elles une relation de parenté plus ou

moins rapprochée, plus ou moins sensible à l'oreille. On a souvent dit que les notes de la gamme sont déterminées par le fait que les nombres de vibrations qui les caractérisent présentent entre eux des rapports simples, et que notre organe de l'ouïe saisit plus facilement les rapports quand ils sont simples. Mais pourquoi? Comment comprendre que l'oreille puisse apprécier une relation, si simple soit-elle, entre des nombres de vibrations qu'elle ne peut ni distinguer, ni compter? La relation de parenté en donne la raison, qui est purement physique : les sons, qui sont entre eux dans un rapport simple, contiennent en même temps des tons partiels identiques que l'oreille retrouve et reconnaît [1].

M. Helmholtz montre comment on peut ramener à ce principe toutes les gammes, tous les modes musicaux qui ont été employés à diverses époques et chez différents peuples, ceux du moins sur lesquels nous avons des notions précises; il fait voir que leur emploi se trouve ainsi justifié dans la musique homophone, c'est-à-dire si les sons ne sont joués que successivement.—Nous nous bornerons à dire quelques mots de l'application de ce principe à la construction des échelles musicales en usage aujourd'hui.

M. Helmholtz appelle parents *au premier degré* deux sons qui contiennent des tons partiels identiques, et parents *au second degré,* des sons qui sont tous deux parents au premier degré d'un troisième son. — Dans

[1] On a attribué quelquefois ce choix des notes au fait qu'elles sont susceptibles de former des consonnances par leurs diverses combinaisons; mais il est difficile de croire que cette relation ait pu avoir une influence dans la période de la musique purement homophone, alors qu'on n'employait jamais de sons simultanés.

chacun de ces degrés, la parenté est d'autant plus rapprochée que les tons partiels coïncidants sont moins élevés dans la série, car en général les tons partiels les plus aigus ont le moins d'intensité.

Les divers tons de la gamme devront tous être parents de la tonique. Cherchons d'abord ceux qui sont parents au premier degré. En prenant l'ut_2 pour tonique, les sons que l'on obtient en montant dans l'échelle sont :

ut_2	ut_3	sol_2	fa_2	la_2	mi_2	mi_2^b
1 : 1	1 : 2	2 : 3	3 : 4	3 : 5	4 : 5	5 : 6

et en descendant dans l'échelle :

ut_2	ut_1	fa_1	sol_1	mi_1^b	la_1^b	la_1
1 : 1	2 : 1	3 : 2	4 : 3	5 : 3	5 : 4	6 : 5

Les chiffres placés au-dessous de chaque note donnent le numéro des premiers tons partiels qui coïncident, et indiquent par conséquent le rapprochement de la parenté.

La raison pour laquelle les séries ci-dessus ne sont pas poussées plus loin, réside dans la nécessité de ne pas introduire dans la gamme des intervalles trop petits et, par conséquent, difficiles à atteindre et à distinguer. A l'égard de cette limite, le goût des différentes nations peut varier : tandis que dans la musique chinoise et gaëlique, on ne trouve pas d'intervalles inférieurs à un ton entier, les Grecs ont pendant quelque temps admis des distances d'un quart de ton seulement. Actuellement la limite adoptée est l'intervalle $^{16}/_{15}$, en sorte que l'on évite d'introduire dans la même gamme deux sons moins écartés, comme *la* et *la*^{b}, *mi* et *mi*^{b}, qui ne diffèrent que dans le rapport de $^{25}/_{24}$.

Si nous rangeons les sons que nous avons trouvés par la parenté du premier degré, dans l'ordre de leur hauteur, nous aurons pour l'échelle ascendante :

ut — mi, fa, sol, la, — ut

et pour l'échelle descendante :

ut — la^{b}, *sol, fa, mi*^{b}, *— ut*

Voilà donc deux séries de sons dans lesquels la parenté avec la tonique est directe. Pour la compléter il faut recourir à la parenté du second degré. En premier lieu nous rencontrons, comme la plus rapprochée, la parenté par l'intermédiaire de l'octave, qui nous donnera nécessairement les séries inverses des précédentes, c'est-à-dire en descendant :

ut — la, sol, fa, mi — ut

et en montant :

ut — mi^{b}, *fa, sol, la*^{b} *— ut*

Nous avons donc trouvé deux séries de sons, ascendante et descendante, dans lesquelles on reconnaît le mode majeur et le mode mineur [1] : mais elles présentent encore des intervalles trop forts au commencement et à la fin de la gamme.

Pour les remplir il faut avoir recours à la parenté de second degré la plus rapprochée, celle qui existe par l'intermédiaire de la quinte, et qui nous donne les notes

[1] Dans le fait, dans la gamme ascendante mineure on peut considérer le *mi*^{b} comme parent au premier degré de la tonique, par la coïncidence des sons partiels 5 et 6, tandis que le *la*^{b} n'a plus de parenté directe avec la tonique. C'est ce qui explique la forme bien connue que prend souvent la gamme mineure ascendante : *ut — mi*^{b}, *fa sol la — ut.*

ré et *si* (ou *si*♭ dans la gamme mineure descendante). Ainsi se trouvent complétées les gammes majeures et mineures en usage aujourd'hui.[2]

Nous remarquerons que la septième majeure est, parmi les notes de la gamme, celle qui a la parenté la plus éloignée avec la tonique; mais elle présente avec cette dernière une autre relation, celle du rapprochement de hauteur. Les intervalles ut_1 — si_1, fa_1 — si_1 seraient difficiles à trouver si l'on ne fixait pas son attention sur la note ut_2 très-rapprochée de hauteur du si_1, en sorte que cette dernière note sert facilement de transition pour arriver à l'ut_2. Il en est de même des notes accidentées, diézées ou bémolisées, quand on les emploie comme passage d'une note à l'autre. Pour ces notes-là, ce n'est plus la parenté, c'est le rapprochement de hauteur absolue qui motive leur emploi; en même temps leur position dans l'échelle n'est pas si bien déterminée, en sorte que, dans une certaine limite, elles peuvent être plus ou moins rapprochées de la note à laquelle elles conduisent, sans que l'oreille en soit blessée.

En général, l'enchaînement des diverses notes pour la formation d'une mélodie sera soumis aux règles suivantes :

1° On peut faire succéder deux notes l'une à l'autre lorsqu'elles ont entre elles un lien de parenté au premier ou au second degré. En particulier, cette relation

[2] En prenant pour intermédiaire la quinte inférieure *fa*, au lieu de la quinte supérieure *sol*, on arrive à des sons que l'on retrouve dans d'autres modes musicaux, anciennement employés, mais se prêtant moins bien à l'harmonie; ainsi, par exemple, le *ré*, parent du *fa*, est plus bas que le *ré*, parent du *sol*, et ne forme plus des accords parfaitement consonnants avec le *sol* et le *si*.

doit intervenir entre les notes accentuées qui marquent le rhythme. Lorsque la parenté est de premier degré, elle est facile à saisir sans aucun accompagnement ; lorsqu'elle est du second degré, l'accompagnement harmonique par la note qui forme l'intermédiaire rend cette relation beaucoup plus évidente.

2° On peut faire succéder deux notes non parentes, quand elles sont rapprochées de hauteur. Ainsi quand on passe de l'*ut* au *ré* par l'intermédiaire de l'$ut^{\sharp}$, cette dernière note ne forme qu'une transition entre les deux autres, transition qui peut être utile comme moyen d'expression, par exemple pour l'imitation de la parole, des pleurs, des gémissements, etc. Ces sons de transition doivent être généralement de courte durée, et ils ne doivent pas former les notes qui marquent le rhythme.

Les accords ont entre eux des relations analogues à celles que les notes isolées ont entre elles. Nous remarquerons d'abord que certains accords peuvent être considérés comme représentant une seule note. Si, par exemple, nous formons un accord de la tonique ut_1, de l'octave ut_2 et de la douzième sol_2, nous obtiendrons un son composé, qui ne diffère de la tonique jouée seule que par l'augmentation d'intensité d'une partie des tons partiels ; l'accord produira sur l'oreille une impression très-analogue à celle de la tonique. Si au lieu des notes ut_1, ut_2, sol_2 nous donnons les notes ut_2, sol_2, ut_3, nous aurons encore un son se rapprochant du son ut_1, car ces notes reproduisent des tons partiels de l'ut_1, et la similitude d'ailleurs est renforcée par le fait que la note ut_1, se fait légèrement entendre comme son de combinaison. Pour d'autres accords il en serait de même. Il en résulte que

dans l'harmonie ces accords représentent et jouent le rôle de la tonique, et qu'en particulier on les retrouve au commencement et à la fin des morceaux dans le mode majeur.

Dans le mode mineur, l'accord tonique, qui comprend la tierce mineure *mi*♭, représente beaucoup moins bien la tonique que cela n'a lieu pour l'accord majeur. C'est sans doute là la raison pour laquelle, pendant longtemps, il n'était pas permis de terminer un morceau joué en mineur, par un accord contenant la tierce mineure de la tonique : on finissait soit par un accord ne contenant que la tonique, l'octave et la quinte, soit par un accord majeur. Maintenant on admet l'accord mineur comme finale ; la prédominance de la tonique est donc moins marquée, ce qui s'accorde avec le caractère d'indécision et de trouble distinguant le mode mineur.

On considère donc comme accord tonique, un accord qui représente plus ou moins bien la note tonique, et c'est autour de cet accord que les autres doivent venir se grouper d'après une relation de parenté que l'on peut définir de la manière suivante :

Deux accords sont parents au premier degré quand ils contiennent une ou plusieurs notes identiques ; ils sont parents au second degré, quand ils sont tous deux parents au premier degré d'un troisième accord. Ainsi les accords *ut*, *mi*, *sol*, et *sol*, *si*, *ré*, sont parents au premier degré parce qu'ils contiennent tous deux la note *sol* ; mais les accords *sol*, *si*, *ré*, et *la*, *ut*, *mi*, ne sont parents qu'au second degré par l'intermédiaire de l'accord *ut*, *mi*, *sol*. La parenté sera plus rapprochée si le nombre des tons communs est plus considérable ; *ut*, *mi*, *sol*, et *la*, *ut*, *mi* sont plus rapprochés que *ut*, *mi*, *sol*, et *sol*, *si ré*.

La règle générale est que les accords qui se succèdent dans une composition harmonique doivent présenter la relation de parenté au premier degré.

Entre les accords consonnants qui doivent prédominer, on intercale souvent des dissonances comme moyen de contraste ou d'expression. Nous avons vu que la dissonance est le cas général de l'effet produit par deux sons simultanés ; la consonnance est l'exception. Il y a donc une infinité de dissonances ; mais le nombre de celles que l'on emploie dans la musique, est limité par le principe suivant. Quand plusieurs instruments ou plusieurs voix se font entendre simultanément, chacune de ces voix doit à elle seule produire une mélodie, et par conséquent doit rester dans les notes de la gamme. Donc une dissonance produite par la réunion de ces voix, sera formée de différents sons appartenant à la gamme. En même temps ces dissonances devront être de courte durée, et, en général, elles devront appeler et amener l'accord consonnant suivant, comme les notes accidentées ou la septième majeure conduisent à la note suivante par leur rapprochement de hauteur.

Pour terminer notre analyse, nous avons encore à nous occuper de la nécessité où l'on est d'employer plusieurs tons, ce qui nous amènera à traiter une question d'une grande importance.

On ne peut pas jouer toujours dans le même ton, c'est-à-dire conserver toujours la même note tonique. En effet, certains instruments, et en particulier la voix humaine, n'ont pas assez d'étendue pour pouvoir reproduire indifféremment toutes les mélodies dans le même ton : on est fréquemment appelé à transposer un air pour pouvoir

l'approprier à un instrument donné. De plus il serait trop monotone de jouer toujours dans le même ton, il faut que l'on puisse changer de tonique pour introduire de la variété.

Il résulte de là une grande difficulté si l'on veut conserver, pour chaque note et dans tous les tons, l'accord pur et naturel, c'est-à-dire maintenir constamment les intervalles déterminés par les principes physiques qui ont présidé à la construction de la gamme. Particulièrement pour les instruments à sons fixes, il en résulterait une extrême complication. Il est clair, en effet, que le *mi* considéré comme la tierce naturelle de l'*ut* pris pour tonique, sera un peu plus bas que le *mi* formant la seconde dans le ton de *ré*. Il y a donc deux *mi* distincts et il en est de même pour toutes les autres notes naturelles ou accidentées.

C'est ce qui a amené à adopter, d'abord pour le piano, puis pour tous les instruments, le *tempérament* qui consiste, comme on le sait, à partager l'octave en douze intervalles égaux, en sorte qu'en réalité aucune note n'est juste, mais que chacune est intermédiaire entre plusieurs sons de l'accord naturel très-rapprochés qu'elle représente tour à tour. Les écarts ne sont pas assez considérables pour que l'oreille ne puisse pas les supporter, l'effet des consonnances et des dissonances est loin d'être complétement voilé.

On a aussi soutenu un autre système, qui est celui de la gamme de Pythagore ou méthode des quintes pures, et qui, moins simple que la méthode du tempérament, est pourtant moins compliqué que la méthode naturelle. Ses partisans en ont non-seulement défendu l'emploi pratique, mais ils ont même soutenu que la gamme des

pythagoriciens était la seule véritable à l'exclusion de celle des physiciens [1].

Il y avait donc un grand intérêt à faire sur ce sujet des recherches expérimentales, et à comparer l'effet musical dans ces différents systèmes. Dans ce but M. Helmholtz a fait construire un orgue expressif, c'est-à-dire un instrument dont les sons sont soutenus et riches en sons partiels, sur lequel on peut avoir à volonté l'accord tempéré ou l'accord pur. Cet orgue est muni de deux claviers. En ouvrant certains registres on a l'accord tempéré ; mais en ouvrant d'autres registres on a, réparties sur les deux claviers, des touches correspondant aux sons de l'accord pur. A un petit nombre d'exceptions près, on peut jouer dans tous les tons. On peut également, en choisissant convenablement les touches sur l'un ou l'autre clavier, donner les notes de la méthode des quintes pures [2].

[1] Les *Archives* (1862, t. XIII, p. 281) contiennent un travail intéressant sur cette matière : *De la théorie mathématique de la musique*, par M. A.-P. Prevost. Voyez aussi l'ouvrage de M. Naumann intitulé : *Ueber die verschiedenen Bestimmungen der Tonverhæltnisse*, Leipsick, 1858.

[2] Un instrument de cette nature serait à peu près inexécutable, s'il n'était pas possible d'introduire une grande simplification que nous allons chercher à faire comprendre. Nous avons vu que suivant la tonique, chaque note naturelle ou accidentée peut avoir deux hauteurs différentes, séparées l'une de l'autre par l'intervalle d'un comma $^{81}/_{80}$. Désignons la plus haute de chacune de ces deux notes par son nom écrit en lettres capitales, et la plus basse par son nom en caractères italiques. La gamme naturelle, par exemple, s'écrira alors :

UT, RÉ, *mi*, FA, SOL, *la*, *si*, UT.

et la gamme des pythagoriciens :

UT, RÉ, MI, FA, SOL, LA, SI, UT.

Or on trouve que quelques-unes des notes accidentées, c'est-

Nous citerons quelques passages dans lesquels l'auteur expose les résultats qu'il a observés avec cet instrument :

« Quant à l'effet musical, on remarque une différence

à-dire diézées ou bémolisées, de la série représentée en capitales, sont extrêmement rapprochées d'autres notes de l'autre série. Ainsi l'intervalle entre UT♭ et *si* est seulement $^{846}/_{815}$. Or *si* est la tierce pure de SOL. Si partant de SOL on procède par sauts de quintes en descendant, on arrive au bout de 8 quintes à l'UT♭ :

SOL—UT—FA—SI♭—MI♭—LA♭—RÉ♭—SOL♭—UT♭

Si l'on augmente l'intervalle de chacune de ces quintes de $^{1}/_{8}$ du petit intervalle $^{846}/_{815}$, alors l'UT♭ deviendra identique à *si*. Comme l'intervalle $^{846}/_{815}$ est déjà à la limite de ce que l'oreille la plus délicate peut saisir, il est clair que le huitième de cet intervalle sera complétement négligeable, et que l'on n'aura plus qu'un seul son et une seule touche pour représenter UT♭ et *si*.

De même on pourra identifier FA♭ et *ré*
SOL♭ et *fa*♯
RÉ♭ et *ut*♯
LA♭ et *sol*♯
MI♭ et *ré*♯
SI♭ et *la*♯
FA et *mi*♯

Maintenant, les notes que l'on trouve sur les deux claviers de l'orgue disposé pour l'accord pur, sont contenues dans le tableau suivant, dans lequel elles ne sont point rangées dans l'ordre des touches, mais seulement de manière que l'on puisse voir facilement les accords qu'il est possible de rendre : trois notes réunies par une accolade placée au-dessus forment un accord parfait majeur ; trois notes réunies par une accolade placée au-dessous forment un accord parfait mineur.

FA♭-*la*♭-UT♭-*mi*♭-SOL♭-*si*♭-RÉ♭-*fa*-LA♭-*ut*-MI♭-*sol*-SI♭-*ré*-FA-*la*-UT

CLAVIER INFÉRIEUR. CLAVIER SUPÉRIEUR.

la-UT-*mi*-SOL-*si*-RÉ-*fa*♯-LA-*ut*♯-MI-*sol*♯-SI-*ré*♯-FA♯-*la*♯-UT♯-*mi*♯

CLAVIER INFÉRIEUR. CLAVIER SUPÉRIEUR.

très-sensible entre la gamme pure d'une part, et la gamme tempérée ou la gamme des pythagoriciens d'autre part. Quoique le timbre de l'orgue expressif soit assez perçant, les accords à intervalles purs donnent lieu à un son plein dont l'harmonie satisfait parfaitement; ils coulent à plein flot, dans un calme complet, sans trembler ou onduler. A côté de ces sons, les accords dans la gamme tempérée ou dans la gamme des pythagoriciens paraissent rauques, troubles, tremblants, agités. La différence est assez forte, pour que tout observateur, musicien ou non, la remarque à l'instant. Les accords de septième donnés dans la gamme pure ont à peu près le même degré de rudesse que les accords parfaits majeurs, de même hauteur, dans la gamme tempérée. C'est dans les octaves les plus aiguës de l'échelle musicale que la différence entre les consonnances pures et tempérées est la plus prononcée, parce qu'alors les faux sons de combinaison dans la gamme tempérée se font sentir davantage, et que le nombre des battements, et par conséquent la rudesse du son, devient plus considérable que pour des notes graves à égalité d'intervalle.

« Une seconde circonstance très-importante, c'est que les différences caractéristiques entre les accords majeurs et mineurs, entre les accords du même mode suivant leur position, entre les consonnances et les dissonances, deviennent plus marquées et plus saillantes quand

L'on voit que l'instrument donne quinze accords majeurs, et quinze accords mineurs, et il est facile de reconnaître que l'on peut jouer avec les intervalles corrects dans le plus grand nombre de tons majeurs et dans huit tons mineurs. Il est facile également de donner les accords et la gamme des pythagoriciens.

les intervalles sont corrects. Par suite, les modulations sont beaucoup plus expressives qu'elles ne le sont dans la musique ordinaire. Beaucoup de nuances délicates qui s'effacent avec la gamme tempérée, celles par exemple qui résultent des diverses positions de l'accord majeur, deviennent sensibles ; et d'un autre côté, le contraste avec les accords purs rehausse l'effet des dissonances. L'accord de septième diminuée, par exemple, que l'on emploie si souvent dans la musique moderne, touche à la limite de ce que l'oreille ne peut plus supporter, quand les autres accords sont purs.

« Les musiciens actuels, qui, à peu d'exceptions près, n'ont jamais entendu d'autre musique que celle de la gamme tempérée, n'attachent pas une grande importance aux inexactitudes qui découlent de ce système. L'altération de la quinte est très-petite, cela est vrai ; et quant aux tierces, on a coutume de dire que ce sont des consonnances moins parfaites que la quinte, et que par conséquent leur altération est moins sensible. Ce dernier point est encore vrai quand il ne s'agit que de la musique à une voix. dans laquelle la tierce intervient seulement comme intervalle mélodique ou successif, et non pas comme intervalle harmonique ou simultané. Mais dans un accord consonnant de trois notes, l'altération est également sensible quelle que soit la note sur laquelle elle porte ; c'est ce que la théorie et l'expérience s'accordent à montrer ; et l'infériorité des accords tempérés repose essentiellement sur l'altération des tierces.

« Du reste, il est incontestable que le système du tempérament a par sa simplicité des avantages immenses dans la musique instrumentale ; que les autres systèmes exigeraient une complication extrême du mécanisme et du

maniement des instruments ; et que ce n'est que l'emploi du tempérament qui a rendu possible le haut développement de la musique instrumentale moderne. [1] Mais il ne faut pas croire que la différence du système tempéré et du système naturel soit une subtilité mathématique, sans valeur pratique. En réalité, l'observation faite sur un instrument convenablement accordé montre que cette différence est frappante, même pour l'oreille de personnes peu musiciennes...... »

Nous ne nous dissimulons point que, malgré son étendue, cette analyse de l'ouvrage de M. Helmholtz est loin d'être complète, principalement en ce qui concerne la théorie de la musique. La déduction des règles générales de l'harmonie, de la formation des accords, de la solution des dissonances, de l'emploi de l'accord de septième, etc., forme tout un champ que nous avons à peine abordé, et pour lequel nous sommes forcé de renvoyer à l'ouvrage original ceux de nos lecteurs que ce sujet intéresse spécialement.

L. Soret.

[1] On trouve dans l'ouvrage de M. Helmholtz d'intéressantes considérations sur la possibilité d'adopter l'accord pur pour différents instruments ; l'orgue, par exemple, s'y prêterait sans grandes difficultés.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

II. Scoutetten. — Expériences constatant l'électricité du sang chez les animaux vivants.

M. Scoutetten, à la suite d'expériences difficiles et délicates, a réussi à constater que si l'on plonge deux lames de platine, l'une dans le sang veineux d'un animal vivant, l'autre dans son sang artériel, il se développe dans le fil du galvanomètre qui réunit les deux lames de platine, un courant qui chemine dans le fil de la lame qui plonge dans le sang artériel à celle qui plonge dans le sang veineux. Nous passons sous silence la manière dont l'auteur a réussi à éliminer les causes d'erreur par une multitude de précautions bien entendues; nous nous bornons à indiquer son mode d'opérer qui consistait à introduire dans les veines et dans les artères, des tubes en verre renfermant les lames de platine, qui se trouvaient isoler ainsi le sang qui les remplissait. Trois expériences successives, faites sur des chevaux différents, ont donné les mêmes résultats. Il en a été de même d'une quatrième faite d'une tout autre manière. Au lieu de prendre le sang dans l'animal, l'auteur a reçu le sang veineux dans un tube poreux plongé dans un vase où se trouvait le sang artériel, les deux espèces de sang ayant été obtenues par une saignée pratiquée, presque au même moment, à l'artère carotide gauche et à la veine jugulaire droite du même cheval. Dans chacun des deux liquides plongeait une lame de platine, et le courant a cheminé également dans le fil du galvanomètre, de la lame de pla-

tine plongée dans le sang artériel à la lame plongée dans le sang veineux; il était donc dirigé du sang veineux au sang artériel à travers la paroi poreuse. L'auteur en conclut que ce qui se passe dans cette dernière expérience à travers la paroi poreuse, a lieu dans l'animal même à travers les tissus organiques qui séparent les deux espèces de sang, et que, par conséquent, dans la réaction qu'exercent le sang veineux et le sang artériel l'un sur l'autre, ce dernier se charge d'électricité positive, le premier de négative. Nous n'insisterons pas sur les conséquences physiologiques que M. Scoutetten tire de ses expériences; il remarque avec raison que le sang artériel, plus chargé d'oxygène, joue le rôle de combureur ou d'acide par rapport au sang veineux, la direction du courant étant tout à fait d'accord avec cette manière de voir.

Dans une lettre adressée au rédacteur en chef de la *Gazette hebdomadaire de médecine,* M. Jules Beclard a présenté quelques observations sur le travail de M. Scoutetten. Il a d'abord rappelé que Bellingeri avait déjà fait jadis des expériences analogues ; mais après avoir pris connaissance de la réponse de M. Scoutetten, nous sommes demeuré convaincu que l'on ne peut réclamer en faveur de Bellingeri la priorité de ces recherches. Le point de vue était essentiellement différent, la manière de procéder l'était également. Il s'agissait pour Bellingeri de constater l'existence d'électricité libre à l'état statique dans le sang, ce qui est impossible, vu la conductibilité de toutes les parties du corps animal ; le physicien italien ne pouvait avoir, à l'époque où il faisait ses travaux, aucune idée de la force électromotrice provenant de la réaction chimique mutuelle des deux espèces de sang.

Une observation plus importante de M. Beclard consiste à objecter que le courant obtenu dans les expériences de M. Scoutetten serait dû au platine, qui en serait ainsi le *producteur* et non pas le *révélateur*. Ce serait un phénomène analogue à celui qui se produit dans la pile à gaz de Grove ; les deux lames de platine, plongeant dans des liquides qui tiennent en dissolution

des gaz de nature différente, donneraient ainsi naissance à un courant quand le circuit serait fermé. A cette objection, M. Scoutetten répond que les gaz dissous dans les liquides peuvent bien, sous l'influence du platine, donner naissance à des courants, mais seulement quand les gaz peuvent se combiner pour former un corps nouveau ; mais il n'en est plus de même lorsque la combinaison chimique n'est pas possible. Or, les gaz contenus dans le sang sont l'*oxygène*, l'*azote* et l'*acide carbonique*; mais ces gaz, dissous dans le sang comme l'air atmosphérique l'est dans l'eau, ne peuvent se combiner sous l'influence du platine, ni par conséquent donner naissance à un courant. Du reste, M. Scoutetten, pour écarter cette objection, a placé les lames de platine dans de petits sachets remplis de charbon de sucre pulvérisé, afin d'absorber tous les gaz et de les empêcher ainsi de pénétrer jusqu'à la surface du platine. L'expérience faite de cette manière a donné le même résultat; l'auteur avait eu encore la précaution d'employer un vase de cire blanche pour renfermer le sang veineux et un appendice cœcal de veau ou de mouton pour vase poreux, destiné à contenir le sang artériel.

Dans une lettre du 30 octobre, M. Scoutetten me mande que, suivant le conseil de M. Matteucci, pour écarter toute objection relative à la polarisation des lames de platine, il a pris pour électrodes des lames de zinc, plongées dans du sulfate de zinc, cette dissolution étant elle-même placée dans de petits vases poreux immergés dans le sang, soit veineux, soit artériel. Le résultat des expériences a été encore le même. Il ajoute qu'en employant la *méthode d'opposition* de M. Jules Regnauld, il a réussi à déterminer la force électromotrice produite par la réaction du sang artériel sur le sang veineux, et qu'il l'a trouvée égale à la moitié environ de celle d'un couple étain et plomb dans l'eau salée.

Nous ne nous permettrons pas d'expliquer la manière dont se passent dans les corps vivants les phénomènes électriques qui résultent de l'action mutuelle du sang artériel et du sang veineux, espérant que les expériences ultérieures de M. Scoutetten parvien-

dront à éclaircir ce point délicat ; mais nous ne terminerons pas ce compte rendu abrégé sans faire remarquer toute l'importance que présentent, pour la physiologie générale, les recherches intéressantes du savant docteur de Metz.

A. DE LA RIVE.

CHIMIE.

Dr Angus Smith. Sur l'absorption des gaz par le charbon (*Philosophical Magazine*, octobre 1863).

Les résultats obtenus par le Dr Smith peuvent se résumer comme suit :

1° Le charbon absorbe l'oxygène, soit celui de l'air atmosphérique, soit l'oxygène mélangé avec l'hydrogène, à la température ordinaire de l'atmosphère. Il absorbe aussi l'azote.

2° L'absorption de l'oxygène dure pendant un mois, au moins, quoique la majeure partie du gaz soit absorbée dans quelques heures et même quelquefois dans quelques secondes, suivant la qualité du charbon.

3° Le charbon n'absorbe ni l'hydrogène, ni l'azote, ni l'acide carbonique pendant un temps aussi long.

4° Quoique la quantité du gaz absorbé soit jusqu'à un certain point proportionnée à la condensibilité de ce gaz par la pression, d'autres circonstances contribuent à régler le degré de l'absorption, au moins en ce qui concerne l'oxygène.

5° Lorsqu'on cherche à expulser l'oxygène du charbon au moyen de la chaleur, il se forme de l'acide carbonique, même à la température de 100°, et à une température moins élevée encore, quoique lentement.

6° Les différentes espèces de charbon diffèrent beaucoup le unes des autres sous le rapport de leur pouvoir d'absorber les gaz, et de leur faculté de s'unir à l oxygène. Le charbon animal possède ce pouvoir à un degré beaucoup plus élevé que le charbon de bois.

7° L'azote et l'hydrogène, lorsqu'ils sont absorbés par le charbon, « diffusent » dans l'atmosphère d'un autre gaz avec une force suffisante pour déprimer le mercure de trois quarts de pouce.

8° L'eau expulse le mercure des pores du charbon par une action instantanée.

9° L'action des corps poreux ne s'exerce pas d'une manière indifférente, mais est une action « élective. »

Considérations théoriques.

1° La nature élective des corps poreux paraît intimement liée aux trois propriétés suivantes :

a) La condensibilité des gaz ;

b) Leur attraction pour les corps poreux, et peut-être aussi leur disposition à se combiner avec eux ;

c) Leur faculté de se combiner.

2° Dans tous les cas, l'attraction qui détermine la condensation du gaz s'exerce à des distances plus grandes que les distances des atomes ou molécules combinés les uns avec les autres.

3° Les gaz renfermés dans les corps poreux paraissent être disposés en couches, les atomes extérieurs et plus éloignés étant moins fortement attirés que ceux qui sont plus rapprochés du corps solide.

4° Il est impossible de séparer complétement l'attraction chimique de l'attraction physique ; seulement il peut y avoir attraction sans résultat, c'est-à-dire sans combinaison, phénomène essentiellement chimique.

5° Il est infiniment probable qu'à mesure que l'attraction physique tend à se convertir en combinaison chimique, elle produit les phénomènes qu'on a attribués à l'effet dit « des masses. »

Le terme « affinité chimique » s'applique en général à une attraction chimique ; nous n'avons cependant aucune preuve d'une attraction pareille, constituant une force *sui generis*, sauf celle qui résulte de la combinaison qu'elle opère. Il peut y avoir attraction sans possibilité de produire une combinaison chimique, ou, en

d'autres termes, l'attraction peut exister sans affinité chimique. L'affinité chimique (expression au fond assez impropre) n'est connue que par les combinaisons qu'elle produit. Il n'a d'ailleurs jamais été démontré qu'il y ait deux espèces d'attraction, et il paraît plus d'accord avec la simplicité des moyens qu'emploie la nature de diminuer plutôt que d'augmenter le nombre de ses agents.

LECLANCHÉ. OBSERVATIONS SUR LE SPECTRE DE L'HYDROGÈNE. (*Bulletin de la Soc. chim. de Paris*, t. V, p. 338 ; juillet 1865).

En observant au spectroscope la lumière que donne l'hydrogène traversé par un courant électrique, M. Leclanché a constaté dans le spectre trois raies, lumineuses, extrêmement brillantes, dont la position est fixe et nettement déterminée. La première, rouge, correspond à la raie *C* (Fraunhofer) du spectre solaire, la deuxième, verte, avec la raie *F*, et la troisième, bleue, avec la raie secondaire la plus voisine de *G*, du côté de *F*. La raie rouge est la plus persistante des trois ; si dans un tube on introduit de l'hydrogène, et qu'ensuite on le déplace par un courant continu d'un autre gaz (oxygène, azote, etc.), on retrouve toujours la raie *C* dans le spectre, outre celles qui sont propres aux gaz nouveaux. Le spectroscope permet donc de déceler, dans un mélange gazeux, la présence de la plus petite quantité d'hydrogène.

Par le petit nombre des raies de son spectre, l'hydrogène s'éloigne des autres gaz et se rapproche, au contraire, des métaux alcalins. La coïncidence de ses lignes brillantes avec les raies obscures *C*, *F*, *G* de Fraunhofer, démontre, suivant la théorie de M. Kirchhoff, la présence de l'hydrogène dans l'atmosphère du soleil et de plusieurs étoiles dont le spectre montre la raie *F*.

M. D.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

GASTALDI ET MORTILLET. SUR LA THÉORIE DE L'AFFOUILLEMENT GLACIAIRE. (*Atti della Societa italiana di science naturali*, 1865, vol. V.)

Nous avons déjà parlé de l'idée émise par M. Mortillet sur l'origine des lacs situés au pied du versant méridional des Alpes[1]. Ce savant voit, dans la présence de ces grands bassins lacustres, la preuve que les anciens glaciers ont enlevé par affouillements les masses d'alluvions qui les avaient comblés

Aujourd'hui nous chercherons à résumer deux lettres sur ce sujet. La première est de M. Gastaldi, qui écrit à son ami, M. Mortillet, qu'il est enchanté de son idée et qui cherche des arguments nouveaux en sa faveur. La seconde est une réponse de M. Mortillet, qui se propose le même but.

M. Gastaldi trouve que deux faits principaux démontrent que les glaciers ont débarrassé les bassins lacustres des immenses masses de terrain meuble qui les comblaient avant la période de leur extension. Ce terrain de transport a été nommé alluvion ancienne par les savants qui se sont occupés des Alpes. Il est bon de remarquer qu'il diffère de celui qui est supérieur au terrain glaciaire. M. Gastaldi insiste en premier lieu sur ce que les couches de cette alluvion ancienne sont placées en dessous des moraines, c'est-à-dire que cette alluvion appartient à une époque antérieure à celle où les glaciers sont descendus jusqu'à la plaine du Pô. Il remarque, en second lieu, qu'au débouché de chaque vallée dans la plaine, en dessous des lacs, on trouve un diluvium spécial ou cône de déjection exclusivement formé de roches provenant des parties supérieures de la vallée. Des cailloux de roches situées fort loin les unes des autres, s'y trouvent réunis et l'on n'y remarque point cette admirable distribution topographique que présentent les blocs erratiques.

M. Gastaldi reconnaît trois espèces de bassins lacustres : 1° les

[1] *Archives*, 1861, t. IX, p. 160; 1862, t. XIII, p. 66.

bassins morainiques; 2° les bassins excavés dans le diluvium; 3° les bassins mixtes creusés en partie dans la roche et en partie dans le diluvium. Il ne s'occupe que de ces derniers. Il n'admet pas ce qui jusqu'à présent a été généralement reçu par les géologues glaciéristes et qui a été exposé par M. Desor, savoir que les bassins des lacs ont été occupés par la glace, qui a empêché qu'ils ne fussent remplis par l'alluvion ancienne.

D'après lui, le dépôt de l'alluvion ancienne ayant précédé l'extension des glaciers, on est forcé d'admettre de deux choses l'une: ou bien les bassins lacustres n'existaient pas dans le temps pendant lequel l'alluvion ancienne se formait, ou, s'ils existaient, ils ont été remplis par cette alluvion ancienne, c'est entre ces deux idées que M. Gastaldi se croit forcé de choisir. Il remarque que, si les bassins n'existaient pas à l'époque de l'alluvion ancienne, il faut que les glaciers aient eu la puissance de les creuser. M. Gastaldi rejette cette idée. Elle n'est pas soutenable après l'inspection de la vallée d'Aoste, qui a été parcourue par un glacier gigantesque et dans laquelle il n'y a pas de lac. Alors, M. Gastaldi est forcé d'admettre que les bassins des lacs existaient à l'époque de l'alluvion ancienne; celle-ci les a remplis et ils ont été excavés de nouveau par l'affouillement des glaciers. C'est la manière de voir de M. Mortillet.

M. Gastaldi voit un certain rapport entre l'importance d'un lac (sa grandeur et sa profondeur) et la grandeur du glacier qui a dû le former. Il voit aussi une liaison entre les amphithéâtres morainiques et l'extrémité des lacs. Il pense que si l'on ne trouve de lacs ni dans la vallée du Pô, au sud du Moncalieri, ni dans celle de la Stura ou dans celle du Tanaro, cela tient à ce que les Alpes où sont placées ces vallées n'ont pas une hauteur suffisante pour former des glaciers assez puissants pour creuser le terrain.

Ce travail est un examen sérieux de la théorie de l'affouillement; M. Gastaldi l'adopte. Cependant il lui fait une objection et il se demande pourquoi les glaciers, après avoir creusé les bas-

sins des lacs, ne les ont pas comblés en se retirant? C'est, à son avis, fort difficile à comprendre. Quoi qu'il en soit, il regarde cette théorie comme inconciliable avec la double ou triple extension des glaciers sur le revers méridional des Alpes, théorie qui, du reste, n'a pas eu de nombreux partisans.

Dans sa réponse à M. Gastaldi, M. Mortillet donne quelques coupes qui prouvent nettement la superposition des dépôts glaciaires à l'alluvion ancienne. Il soutient l'idée qu'il avait déjà développée et réfute avec feu les objections qui ont été faites à la théorie qui est son œuvre. Les lacs que M. Desor a nommés lacs d'érosion [1] ont été, selon lui, creusés par les glaciers. Les lacs orographiques du même auteur, qui ont été façonnés par un soulèvement, ont été débarrassés, d'après lui, par les anciens glaciers de l'alluvion ancienne qui les remplissait. M. Mortillet critique la théorie de M. Omboni [2], celle de M. Lombardini [3]. Il trouve que M. Ramsay [4] a exagéré la puissance que les glaciers peuvent avoir pour creuser le sol, et il pense que M. Ball [5] a trop diminué cette puissance.

M. Desor a fait une objection à cette théorie [6].

Il remarque que l'on n'a pas d'exemples d'affouillement produit par les glaciers actuels. L'observation est juste. Il faut toujours chercher à comprendre ce qui se passe de nos jours pour expliquer ce qui s'est passé anciennement. Une grande partie des progrès de la géologie, dans ce siècle, tient à l'introduction dans cette science de l'étude des causes actuelles. Il me semble qu'il est nécessaire de s'en tenir à cette méthode et que ce ne doit pas être sans crainte que l'on s'en éloigne. Malgré l'opposition que MM. Gastaldi et Mortillet font à cette objection, en disant qu'on ne peut comparer la puissance des anciens glaciers

[1] *Archives*, 1860, t. VII, p. 346.
[2] *Id.* 1862, t. XIII, p. 64.
[3] *Mem. Instituto Lombardo*, t. VIII.
[4] *Archives*, 1863, t. XVI, p. 148.
[5] *Philosophical Magaz. and. J. of Sc.*, 1863, t. XXV, p. 81.
[6] *Actes de la Société helvétique des Sc. nat.*, Lugano, 1860, p. 133.

aux glaciers actuels, elle conserve sa valeur. Est-ce une raison suffisante pour rejeter la théorie de l'affouillement? Loin de nous cette pensée. Mais c'est une raison pour l'examiner sérieusement et pour ne pas se laisser entraîner par ce qu'une idée nouvelle peut avoir de séduisant.

Si l'on admet cette théorie et que l'on pense que les bassins lacustres ont été remplis d'alluvion ancienne, puis, que les glaciers ont eu la puissance de faire sortir cette énorme quantité de matériaux de ces profondes dépressions, la superposition du terrain glaciaire à l'alluvion ancienne n'est pas très-facile à expliquer. L'on comprend difficilement comment l'alluvion ancienne n'est pas mélangée avec le terrain glaciaire? L'on se demande encore pourquoi le glacier n'a pas emporté l'alluvion ancienne dans tous les endroits où il l'a rencontrée, puisqu'il a eu le pouvoir de l'extirper des profondeurs des bassins lacustres.

A. F.

DELESSE ET LAUGEL. REVUE DE GÉOLOGIE POUR L'ANNÉE 1861. 1 vol. 8° de 314 pages. Paris, 1862.[1]

MM. Delesse et Laugel rendent un vrai service en faisant un résumé annuel des ouvrages et des mémoires qui se publient dans les sciences géologiques. Ce doit être un travail assez ingrat que celui qui consiste à analyser des matériaux aussi nombreux, et les géologues à qui cette peine est évitée, doivent en être reconnaissants. Précédemment MM. Delesse et Laugel avaient publié un premier volume pour 1860. Celui que nous avons sous les yeux est plus considérable, et les sujets y sont bien classés. Les principales subdivisions sont les suivantes : Préliminaires concernant surtout diverses espèces de cartes ; puis viennent les phénomènes actuels; les produits intérieurs comprenant les tremblements de terre et les systèmes de montagnes ; les roches et

[1] Un extrait de cette revue a été publié dans les *Annales des mines*.

leurs propriétés générales; les roches métallifères; les modifications des roches et la géogénie; la paléontologie et la description des terrains depuis les terrains siluriens jusqu'à la création de l'homme, et même jusqu'à l'époque des habitations lacustres. Des détails sur des cartes et des descriptions géologiques suivant un ordre géographique terminent l'ouvrage. Dans les articles relatifs aux gîtes métallifères, nous remarquons bon nombre d'observations nouvelles, inédites jusqu'à ce jour, faites par M. Delesse sur les produits étalés à l'Exposition universelle de Londres.

Il serait facile de rappeler plusieurs essais qui ont été tentés pour doter la géologie d'annuaires, de revues bibliographiques ou de résumés analogues à ceux que l'on trouve dans d'autres sciences. Ces essais n'ont malheureusement pas vécu longtemps; espérons que la jeune revue dont nous nous occupons atteindra un âge avancé. Les noms des savants distingués qui la rédigent nous le garantissent, et si la revue peut être publiée peu après la fin de l'année dont elle résume les travaux, nous ne doutons pas de ses succès.

BOTANIQUE.

CLOS. DEUXIÈME FASCICULE D'OBSERVATIONS TÉRATOLOGIQUES. (*Mém. Acad. imp. des sciences de Toulouse.* Vol 6. 1862).

Parmi les monstruosités observées dans ce mémoire, nous citerons les deux suivantes, comme ayant un intérêt particulier :

« Lorsqu'on examine, dans le *Saponaria officinalis*, soit dans la plupart des Caryophyllées-Silénées, les feuilles dans leurs modifications au voisinage des fleurs, on les voit s'atténuer vers le sommet, et souvent même se terminer brusquement en pointe, comme le montrent si bien les bractées de l'involucre dans un grand nombre d'espèces de *Dianthus*. Cette pointe se retrouve aux dents calicinales de la Saponaire et d'autres Caryophyllées. On peut constater encore que, dans les fleurs doubles de Saponaire, la

lame des pétales décroît à mesure qu'on se rapproche du centre, et que souvent les carpelles ouverts ont la plus grande analogie avec les pièces du calice. Ces faits permettent de conjecturer et presque de conclure : que *la portion ovarienne des carpelles des Caryophyllées* représente la lame de la feuille, la plus grande partie des sépales, l'onglet des pétales, le filet des étamines ; 2° que les styles sont, en quelque sorte, une partie surajoutée à la feuille[1] ; partie qui se dessine souvent aux bractées, qui persiste au sommet des dents du calice, pour prendre son plus grand développement au-dessus de l'ovaire.

« Quant à la lame des pétales, ce serait, paraît-il, un organe nouveau, ne contribuant pas à la production des anthères ; car M Masters a vu chez une Saponaire officinale les appendices terminaux de l'onglet des pétales (les *fornices*) se montrer sous la forme de deux anthères (in *Proceed. of Linnæan Society*, 1857, p. 160). »

« Le 26 juin dernier, je remarquai au centre d'une capsule de *Papaver somniferum* L. qui avait été ouverte par accident, un petit pédicelle portant un rudiment de fleur. Tous les autres fruits du même pied, au nombre de 8 environ, offraient le même phénomène à un plus ou moins haut degré. Ils avaient tous leur forme normale ; ils étaient fermés, et rien à l'extérieur du péricarpe ne décelait cette anomalie. Les graines étaient aussi nombreuses que d'habitude, mais généralement atrophiées dans les deux tiers inférieurs de la boîte carpique ; les supérieures seules atteignaient leur complet développement.

« La prolification était formée, tantôt par une seule fleur, tantôt par plusieurs (3-4), nées toutes du sommet du pédicelle central qui semblait s'épanouir en un ou plusieurs boutons floraux. Elle présentait cet intérêt spécial qu'elle m'a permis de déterminer la nature des éléments qui entrent dans la constitution de l'ovaire chez le Pavot.

[1] Il en est de même, selon nous, de l'écaille des bractées des Centaurées, ce que nous avons essayé de prouver ailleurs. (Voy. Clos, *Annal. des scienc. nat.*, 3e sér., tom. XVI, p. 40 et suiv.)

« En effet, chacune de ces fleurettes, cachées dans le péricarpe était uniquement composée de petites feuilles vertes à trois degrés de développement, suivant que la prolification était plus ou moins prononcée : ici, sous forme d'écailles blanches et linéaires ; là, se rapprochant de la forme carpellaire, mais encore distinctes[1] ; là enfin, se soudant en un pistil semblable à celui des Pavots. — Il n'y avait point trace de pétales colorés, et je n'ai vu d'étamines que dans une de ces petites fleurs. L'absence presque constante des organes mâles tient peut-être à ce que ces prolifications avaient lieu sur des pieds à fleurs doubles.

« Un examen attentif des petites folioles donne lieu aux observations suivantes :

« L'incurvation de ces folioles, peu marquée dans les extérieures, se prononce d'autant plus qu'elles se rapprochent davantage de celles qui doivent former le pistil rudimentaire.

« Bientôt chacune d'elles montre, au milieu de sa face dorsale, une rainure longitudinale, et aux deux bords de son extrémité supérieure incurvée, un tissu papilleux blanchâtre[2].

« On voit partir de la face dorsale de ces carpelles et de la ligne horizontale d'incurvation un *processus* représentant sans doute un des éléments constituants de la membrane frangée ou lobée qui, sur la capsule, forme le rebord inférieur du style.

« Sur le milieu de la face interne du carpelle, et le long de la ligne correspondant à la rainure dorsale ci-dessus mentionnée, se produit une excroissance fongueuse et verticale ; c'est le placenta chargé de nombreux ovules. »

L'auteur rappelle, à cette occasion, une partie des idées qui ont été émises dans les ouvrages de botanique sur la nature des

[1] Il n'est pas inutile de rappeler qu'un des plus curieux genres de la famille des Papavéracées, le *Platystemon*, a ses carpelles normalement distincts.

[2] C'est, sans doute, du rapprochement de ces deux bandes papilleuses que naissent les doubles lignes stigmatiques superposées aux cloisons.

plantes et des stigmates des Papavéracées. Il remarque aussi l'analogie avec les Bixinées.

CLOS. REVUE CRITIQUE DE LA DURÉE DES PLANTES DANS SES RAPPORTS AVEC LA PHYTOGRAPHIE. (*Mém. Acad.*, série VI, vol. 1er, p. 114. 1863.)

Personne n'ignore que les distinctions entre les espèces dites *annuelles*, *bisannuelles*, *vivaces*, *ligneuses*, ne sont pas toujours aussi tranchées que les mots et les signes employés ne l'indiquent. Sur plusieurs espèces, même bien connues, il y a incertitude quant à la durée; dans d'autres espèces, il y a de véritables transitions entre deux catégories. M. Clos relève les assertions inexactes de quelques auteurs relativement à des espèces qu'il a eu l'occasion d'observer. Il présente quelques considérations sur le degré d'importance des faits de durée ou de consistance quant à la classification, dans l'état actuel de la science. Enfin il classe les divers modes de propagation des plantes vivaces, suivant que la partie aérienne ou la partie souterraine de la tige persiste, ou enfin que des bourgeons se détachent, comme dans beaucoup de plantes aquatiques. Les premières pourraient être appelées *epi-vivaces*, les secondes *hypo-vivaces*, les troisièmes *demi-vivaces*, ce qu'on indiquerait facilement en faisant précéder le signe qui exprime vivace par les mots *epi*, *hypo* ou *demi*. Il y a aussi des plantes *subvivaces* ou *subligneuses*. Ces expressions ne présentent rien qui ne soit conforme aux usages des botanistes, et elles seraient facilement comprises par eux. N'oublions pas, toutefois, que les meilleures idées, en fait de termes et de signes, ne passent dans l'usage que si elles sont appliquées dans des livres très-répandus, comme les flores des grands pays ou les ouvrages généraux sur les espèces. Or, de ces publications qui modifient le langage de la science et les formes usitées, il n'en paraît qu'un petit nombre chaque siècle.

DARWIN. SUR L'EXISTENCE DE DEUX FORMES ET SUR LEURS RAPPORTS SEXUELS RÉCIPROQUES DANS PLUSIEURS ESPÈCES DU GENRE LINUM. Br. in-8°, 1863 (*Journal of the proceed. of the Linn. Soc.*).

Les *Archives* ont déjà entretenu leurs lecteurs des observations de M. Darwin sur le dimorphisme de certaines espèces du genre Primula [1]. Plusieurs Linum sont venus depuis fournir de nouveaux exemples de dimorphisme et justifier les conclusions que M. Darwin tirait de ses premières découvertes. Les fécondations *hétéromorphes*, c'est-à-dire entre des individus de formes différentes, se sont constamment montrées plus fertiles que les fécondations homomorphes.

Chez le *L. grandiflorum*, non-seulement ces fécondations homomorphes étaient stériles, mais elles étaient même impossibles ; car les grains de pollen se refusaient à émettre leurs tubes au travers du style. Chez le *L. perenne*, dont le dimorphisme est encore plus manifeste que celui du *L. grandiflorum*, les fécondations homomorphes demeuraient stériles, bien que les tubes du pollen eussent en grand nombre traversé le style.

Ces recherches ont de nouveau attiré l'attention de M. Darwin sur le rôle des insectes dans la fécondation. Il est arrivé à la conviction que les insectes et le vent, ces deux puissants agents de la fécondation à distance, sont tout à fait indépendants l'un de l'autre, et ne peuvent point se suppléer mutuellement. Dans certains végétaux l'appareil de la reproduction serait disposé de manière à favoriser le rôle des insectes, tandis que chez d'autres tout concourrait à favoriser l'action du vent.

Lorsque c'est au vent qu'est confié le soin de la fécondation (conifères, épinards, etc.), on trouve une grande surabondance de pollen et on remarque l'absence de nectar propre à faire adhérer ce pollen aux insectes ; les anthères pendantes secouent leur pollen à la moindre agitation ; les périanthes manquent ou

[1] Voyez *Archives*, t. XIV, p. 192.

sont petits, les stigmates se creusent au moment de la fécondation, les fleurs s'épanouissent avant la naissance des feuilles qui pourraient les cacher, les stigmates sont pubescents ou barbus (graminées et autres).

Si, au contraire, les insectes sont l'agent de la fécondation, cas de beaucoup le plus fréquent soit dans les plantes hermaphrodites, soit dans celles à sexes séparés, on trouve toutes sortes de dispositions adaptées à cette circonstance. Les plantes à fleurs irrégulières sont celles où ces divers modes d'adaptation se voient le plus clairement. Néanmoins plusieurs fleurs régulières en offrent des exemples frappants. Ainsi chez les différentes espèces de Linum, examinées par M. Darwin, les insectes sont attirés par des gouttes de nectar sécrétées à la base des étamines. En outre, les stigmates qui naissent avec leurs dos tournés vers la gorge de la corolle servant de passage aux insectes, se tordent et divergent au moment de la fécondation, de manière à amener leur surface papillaire en contact avec le pollen apporté par les insectes.

Dans le *L. perenne* les choses sont même disposées d'une manière plus compliquée. Les longueurs relatives des étamines et du style dans les deux formes sont telles, que le pollen de chacune de ces formes doit se fixer sur des parties différentes du corps des insectes, et se déposer ensuite sur les stigmates de la forme opposée. Mais le cas le plus général est celui où le pollen se trouve transporté indifféremment sur les stigmates des deux formes. Dans ce cas, la fécondation n'est vraiment fertile qu'entre des stigmates et du pollen d'individus hétéromorphes. Enfin la stérilité presque constante des fécondations homomorphes conduit nécessairement M. Darwin à regarder comme très-improbable la plupart des cas supposés de fécondation dans le bouton, avant l'épanouissement de la corolle.

Sur la prétendue stérilité des hybrides, d'après les observations de M. Naudin.

La difficulté de trouver dans la forme des êtres un moyen sûr

de distinguer les espèces, a fait attacher souvent une importance prépondérante au caractère de la stérilité ou de la fécondité chez les produits hybrides. Beaucoup de ces productions intermédiaires étant stériles, on décidait que toutes devaient l'être, et par conséquent, lorsqu'il y avait stérilité, les parents devaient appartenir à deux espèces. Malgré des exemples contraires, reconnus dans l'un et l'autre règne, cette opinion est encore très-répandue, mais ceux qui la professent en reviennent quelquefois lorsqu'ils ont eu l'occasion de faire des expériences nombreuses et probantes. C'est le cas, par exemple, de M. Naudin, dont les observations poursuivies depuis nombre d'années au Muséum d'histoire naturelle de Paris, ne laissent rien à désirer. Voici comment il s'exprime dans un cinquième mémoire qui vient de paraître [1]:

« Dans les quatre mémoires descriptifs que j'ai déjà publiés sur les cucurbitacées, j'ai cité de nombreux exemples de croisements entre les diverses variétés d'une même espèce, et j'ai fait de la parfaite fécondité des métis le criterium principal de l'unité spécifique de ces variétés. Dans celui-ci, j'ai à faire connaître, outre des espèces inédites ou encore peu connues, de véritables hybrides issus du croisement artificiel d'espèces parfaitement caractérisées, et dont quelques-uns ont été suivis pendant plusieurs générations successives. L'inutilité des efforts que j'ai faits, il y a quelques années, pour croiser, les unes avec les autres, les quatre espèces de courges (*Cucurbita maxima*, *C. Pepo*, *C. moschata*, et *C. melanosperma*) qu'on cultive communément dans les jardins, et qui ont entre elles de si étroites affinités botaniques, m'avait donné à penser qu'il en serait probablement de même dans les autres genres de la famille ; mais, contrairement à ce que je supposais, des expériences répétées m'ont fait voir que, dans certains groupes génériques, des hybrides d'espèces, même d'espèces notablement plus différentes entre elles que ne le sont l'une de l'autre les quatre courges dont je viens de parler, s'ob-

[1] *Ann. des Sc. nat.*, partie botanique, XVIII, p. 159.

tiennent avec une grande facilité. Il y a plus, ces hybrides sont souvent fertiles, et quelquefois même, sans cependant rester semblables à eux-mêmes dans les générations successives, ils ne le cèdent pas, sous ce rapport, aux espèces les plus légitimes.... Ainsi le criterium fourni par le croisement, pour la distinction des espèces, est moins absolu que je ne l'avais cru d'abord. »

Les faits exposés en détail par M. Naudin montrent surtout une fécondité, bien constatée, entre des hybrides d'espèces considérées par tout le monde comme différentes, mais il n'est pas résulté des générations successives d'hybrides des formes nouvelles vraiment fixes ; au contraire, il y a, comme on l'avait souvent remarqué, d'assez grandes diversités entre les produits d'une même génération, et un retour plus ou moins marqué vers l'une des deux souches primitives. Ainsi, par exemple, le *Luffa cylindrica* ayant été fécondé en 1857 par le *Luffa acutangula*, M. Naudin a cultivé quatre générations successives d'hybrides, d'abord intermédiaires de formes entre les deux espèces et médiocrement fertiles, puis se rapprochant davantage du *L. cylindrica* et en même temps plus fertile, d'où on peut inférer que si des intempéries n'avaient entravé l'expérience, la cinquième génération aurait donné des individus en majorité identiques avec le *L. cylindrica*. Ce sont des faits analogues à ce qui se voit dans les métis, c'est-à-dire dans les croisements entre des races d'une même espèce. En définitive ces faits rentrent dans la loi d'atavisme, et il est difficile de n'en pas conclure que les groupes appelés espèces, pour être plus vastes que ceux appelés races, ne sont pas, au fond et philosophiquement, d'une nature différente, et qu'on ne trouvera ni dans les faits d'hérédité ni dans les formes comparées un moyen absolu et incontestable de les différencier.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1863.

Le 5, brouillard le matin et jusqu'à 2 h. après-midi.
6, brouillard le matin et jusqu'à 3 h. après-midi.
7, brouillard jusqu'à midi.
8, » »
9, halo solaire partiel de 9 h. 45 m. à 10 h. 15 m. et de 1 h. 50 m. à 2 h. 10 m. A 5 h. 50 m. éclairs et tonnerres du côté du Nord.
15, dans l'après-midi, coups de vent très-violents à plusieurs reprises, en particulier vers 1 h., 2 h. et 4 h. ; dans l'intervalle entre ces raffales le vent soufflait alternativement de tous les points de l'horizon, en sorte que la girouette a fait plusieurs fois le tour entier de l'horizon. On a observé simultanément des oscillations irrégulières du baromètre, dont voici les plus saillantes :

mm	mm	mm	mm
à 2 h. 45 m. 721,97 :	2 h. 55 m. 721,87 ;	3 h. 5 m. 721,82 ;	3 h. 15 m. 721,61
3 h. 25 m. 721 46 ;	3 h. 35 m. 721,46 ;	3 h. 42 m. 721,30 ;	3 h. 50 m. 721,60
3 h 55 m. 721,95 ;	4 h. 0 m. 722,25 ;	4 h. 5 m. 722,30 ;	4 h. 10 m. 722,53
4 h. 15 m. 722,70 ;	4 h. 20 m. 723,07 ;	4 h. 27 m. 723,43 ;	4 h. 32 m. 723.70
4 h. 37 m. 724,00 ,	4 h. 45 m. 724.32 ;	4 h. 50 m. 724,35 ;	4 h. 55 m. 724,15
5 h. 0 m. 723,70 ;	5 h. 7 m. 723,05	5 h. 12 m. 723,37 ;	5 h. 17 m. 723,70
5 h. 22 m. 723.70 ,	5 h. 30 m. 723,83 ;	5 h. 40 m. 724,11 ;	5 h. 50 m. 724,40

6 h. 0 m. 724,55. Vers 6 h. du soir éclairs à l'Ouest.
18. belle couronne lunaire vers 6 h. du soir.
20, brouillard presque tout le jour, sauf de 2 h à 5 h. de l'après-midi.
21 et 22, brouillard tout le jour.
23, brouillard le matin jusqu'à midi : couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.
26, brouillard dans la soirée.
28, brouillard le matin jusqu'à midi.
29, couronne lunaire, à plusieurs reprises dans la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3, à 10 h. soir.....	732,76	Le 1er, à 2 h. soir.....	720,18
10, à 8 h. matin ...	726,01	8, à 2 h. soir.....	719,12
14, à 10 h. soir.....	724,84	12, à 4 h. soir.....	717,18
19, à 8 h. matin..	733 86	15, à 3 h 42 m. soir	721,30
26, à 8 h. matin ..	729,52	25, à 2 h. soir.....	726,51
		29, à 4 h. soir.....	721,91

GENEVE. — OCTOBRE 1863.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône.		Limnimètre à midi
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h	Ecart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Ecart avec a fraction norm.	Mini-mum	Maxi-mum.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb d'h.			Midi.	Ecart avec la temp. normale.	
	millim.	millim	o	o	o	o	mm	mm.					mm.				o	o	pouces
1	721,47	— 5,10	+12,46	+0,28	+ 7,7	+20,0	8,72	+0,04	813	— 8	530	980	17,3	10	SSO. 1	0,79	15,5	0,0	62,2
2	726,23	— 0,31	+10,24	—1,78	+ 8,5	+12,7	7,72	—0,89	838	+ 15	700	930	0,2	1	S. 1	0,93	15,4	0,0	62,0
3	731,75	+ 5,23	+10,31	—1,55	+ 6,1	+15,0	7,48	—1,06	803	— 23	560	980	...	..	variable	0,18	14,7	— 0,6	62,0
4	731,58	+ 5,09	+ 9,93	—1,77	+ 5,0	+15,0	7,75	—0,72	811	+ 15	660	970	...	..	variable	0,22	.	....	60,5
5	729,19	+ 2,73	+ 8,72	—2,81	+ 4,0	+14,4	8,17	—0,23	948	+121	790	1000	...	..	variable	0,52	14,7	— 0,4	59,0
6	725,86	— 0,58	+10,09	—1,28	+ 6,3	+13,8	8,89	+0,56	952	+123	850	1000	...	..	variable	0,70	11,8	— 0,2	58,0
7	722,30	— 4,12	+10,78	—0,42	+ 8,5	+15,5	9,29	+1,03	961	+130	840	1000	...	..	SSO. 1	0,77	14,7	— 0,1	37,5
8	719,95	— 6,45	+11,76	+0,72	+ 8,0	+16,0	9,21	+1,02	886	+ 54	690	1000	...	..	SSO. 1	0,98	14,8	+ 0,1	56,0
9	721,26	— 5,12	+12,02	+1,14	+10,1	+15,2	8,99	+0,87	864	+ 30	740	950	6,1	5	variable	0,87	14,7	+ 0,1	55,5
10	724,76	— 1,60	+ 9,56	—1,15	+ 5,1	+14,8	7,74	—0,31	862	+ 27	680	1000	...	..	variable	0,30	14,8	+ 0,3	55,5
11	722,13	— 4,21	+11,66	+1,12	+ 7,4	+16,4	9,21	+1,23	893	+ 57	680	989	1,8	3	variable	0,78	...	.....	55,0
12	718,10	— 8,22	+11,16	+0,74	+ 9,2	+14,3	9,41	+1,51	956	+119	859	990	6,9	7	OSO. 1	0,82	14,8	+ 0,6	53,0
13	720,39	— 5,92	+10,73	+0,53	+ 7,1	+15,0	8,76	+0,94	900	+ 62	780	980	1,7	2	variable	0,96	14,7	+ 0,6	52,0
14	723,93	— 2,36	+12,33	+2,30	+ 6,1	+18,8	9,28	+1,53	854	+ 15	640	1000	.	..	S. 1	0,21	14,7	+ 0,7	51,5
15	722,95	— 3,33	+14,78	+1,92	+ 8,1	+24,1	9,87	+2,20	791	— 49	420	970	11,5	7	SSO. 2	0,73	14,8	+ 0,9	51,5
16	728,18	+ 1,91	+10,62	+0,93	+ 9,0	+13,8	8,95	+1,35	954	+113	820	970	17,9	17	S. 1	1,00	14,6	+ 0,9	51,0
17	729,74	+ 3,48	+ 9,91	+0,42	+ 5,6	+14,0	7,68	+0,16	834	— 8	690	980	...	.	N. 1	0,36	14,4	+ 0,8	51,0
18	731,88	+ 5,63	+ 9,92	+0,57	+ 7,2	+13,4	7,74	+0,30	852	+ 9	680	940	...	..	variable	0,76	..	....	51,0
19	733,24	+ 7,00	+ 9,99	+0,81	+ 7,2	+14,0	8,17	+0,80	891	+ 55	770	990	...	..	variable	0,47	14,2	+ 0,8	50,5
20	732,50	+ 6,27	+ 8,63	—0,38	+ 4,9	+12,4	8,51	+1,22	976	+132	920	1000	...	..	S. 1	0,81	14,2	+ 1,0	51,0
21	731,54	+ 5,32	+ 8,98	+0,14	+ 6,9	+11,8	8,73	+1,51	992	+147	970	1000	...	..	variable	0,97	14,1	+ 1,0	50,0
22	730,16	+ 3,95	+ 8,11	—0,55	+ 6,5	+10,3	8,17	+1,03	989	+144	960	1000	...	..	SSO 1	1,00	13,9	+ 0,9	49,0
23	730,41	+ 4,20	+10,75	+2,26	+ 7,1	+14,7	8,42	+1,36	868	+ 22	720	1000	...	..	variable	0,66	14,2	+ 1,4	48,5
24	729,48	+ 3,27	+ 9,47	+1,16	+ 5,9	+12,4	7,15	+0,16	809	— 37	700	990	..	..	NNE. 2	0,86	14,0	+ 1,3	48,0
25	727,10	+ 0,90	+ 8,88	+0,74	+ 7,0	+12,1	6,70	—0,21	803	— 44	720	850	...	..	NNE. 1	0,58	...	....	47,2
26	728,95	+ 2,75	+ 8,24	+0,28	+ 5,0	+12,0	7,05	+0,22	876	+ 29	800	960	..	..	variable	0,73	13,8	+ 1,3	46,5
27	727,71	+ 1,52	+ 8,57	+0,78	+ 6,5	+12,1	7,44	+0,69	909	+ 52	780	969	...	..	variable	0,80	13,8	+ 1,5	45,5
28	723,65	— 2,54	+ 9,39	+1,68	+ 7,5	+11,9	8,36	+1,69	958	+110	870	980	1,4	5	SSO. 1	1,00	13,8	+ 1,6	45,0
29	722,48	— 3,71	+12,11	+4,67	+ 8,7	+15,7	9,61	+3,01	906	+ 58	770	990	4,7	10	variable	0,97	13,8	+ 1,7	45,0
30	724,08	— 2,12	+14,96	+7,69	+13,4	+16,6	9,18	+2,66	733	—115	681	760	...	..	SSO. 2	0,98	13,7	+ 1,8	44,0
31	724,89	— 1,31	+13,66	+6,56	+11,5	+17,0	9,12	+2,67	808	— 41	620	900	2,1	6	SSO. 2	1,00	10,1	— 1,7	43,0

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	725,50	725,94	725,93	725,45	724,91	724,91	725,19	725,55	725,67
2e »	726,22	726,54	726,63	726,22	725,96	725,79	726,55	726,84	727,03
3e »	727,46	727,88	727,87	727,50	726,87	726,60	726,81	726,95	727,10
Mois	726,43	726,82	726,85	726,43	725,94	725,79	726,20	726,47	726,61
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 7,60	+ 9,44	+12,02	+13,80	+14,48	+13,72	+11,76	+10,30	+ 9,12
2e »	+ 8,18	+ 9,49	+11,99	+13,81	+14,67	+14,23	+12,18	+10,99	+ 9,90
3e »	+ 8,88	+ 9,63	+10,98	+11,99	+12,31	+12,02	+11,17	+10,45	+10,15
Mois	+ 8,24	+ 9,52	+11,64	+13,16	+13,77	+13,28	+11,69	+10,58	+ 9,74
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	7,66	8,34	8,77	9,01	8,91	8,71	8,81	8,43	8,07
2e »	7,88	8,36	9,13	9,31	9,01	9,24	9,41	9,02	8,63
3e »	7,77	7,97	8,31	8,62	8,79	8,64	8,41	8,11	8,10
Mois	7,77	8,21	8,73	8,97	8,90	8,86	8,86	8,51	8,26
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	974	941	839	773	729	745	857	902	933
2e »	965	941	873	794	740	777	888	918	934
3e »	917	898	855	825	823	824	852	856	876
Mois	951	926	856	798	766	783	865	891	913

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+ 6,93	+15,24	0,66	14,90	23,6	58,8
2e »	+ 7,18	+15,62	0,69	14,55	39,8	51,8
3e »	+ 7,82	+13,33	0,87	13,52	8,2	46,5
Mois	+ 7,33	+14,68	0,74	14,29	71,6	52,2

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 25°,4 O. et son intensité est égale à 23 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1863.

Dans la nuit du 13 au 14, le lac a été entièrement recouvert de glace.

SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1863.

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	dominant	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	562,38	— 3,19	561,17	563,53	— 0,70	— 1,95	— 1,4	+ 0,2	......	2,6	2	SO. 1	1,00
2	562,33	— 3,16	560,22	564,82	— 2,90	— 4,01	— 3,3	— 2,4	155	22,1	9	NE. 2	1,00
3	567,88	+ 2,47	566,20	569,57	— 1,27	— 2,24	— 4,4	+ 0,4	......	......	......	NE. 1	0,23
4	569,15	+ 3,83	568,95	569,67	+ 3,50	+ 2,67	+ 1,5	+ 7,0	......	......	......	NE. 1	0,01
5	568,32	+ 3,08	567,83	569,16	+ 3,12	+ 2,43	+ 1,8	+ 5,2	......	......	......	SO. 1	0,13
6	565,21	+ 0,05	564,81	565,85	+ 2,43	+ 1,88	+ 0,1	+ 5,8	......	......	......	SO. 1	0,72
7	563,10	— 1,98	562,91	563,41	+ 1,14	+ 0,74	+ 0,6	+ 2,3	......	0,3	1	SO. 1	1,00
8	562,36	— 2,64	561,73	563,22	+ 0,57	+ 0,32	+ 0,2	+ 0,9	......	28,7	7	SO. 2	1,00
9	561,70	— 3,22	560,35	562,54	— 1,17	— 1,27	— 2,4	+ 0,2	75	56,8	17	SO. 2	1,00
10	564,60	— 0,24	563,55	565,28	— 1,07	— 1,03	— 4,0	+ 2,0	......	4,6	4	SO. 1	0,64
11	563,68	— 1,08	563,13	564,20	— 1,44	— 1,25	— 2,6	— 0,5	30	7,2	4	SO. 1	1,00
12	558,83	— 5,85	557,45	560,68	— 1,57	— 1,23	— 3,0	— 0,3	195	50,8	20	SO. 1	1,00
13	563,82	— 0,78	560,30	565,99	— 2,40	— 1,91	— 2,9	— 1,5	145	21,4	11	SO. 1	1,00
14	568,45	+ 3,93	567,11	569,72	+ 0,75	+ 1,38	— 1,0	+ 1,8	......	8,3	4	SO. 2	1,00
15	567,58	+ 3,14	566,57	568,69	+ 1,99	+ 2,77	+ 1,8	+ 2,3	......	60,5	17	SO. 3	1,00
16	565,22	+ 0,86	564,97	565,57	— 0,29	+ 0,64	— 2,2	+ 2,4	60	30,0	16	variable	1,00
17	566,33	+ 2,05	564,89	567,72	— 1,95	— 0,87	— 2,7	— 0,8	30	7,0	6	NE. 1	0,60
18	570,39	+ 6,18	568,45	571,88	+ 3,16	+ 4,39	+ 0,6	+ 6,2	......	......	......	NE. 1	0,11
19	572,00	+ 7,87	571,36	572,54	+ 4,64	+ 6,02	+ 1,6	+ 7,1	......	......	......	calme	0,00
20	571,41	+ 7,36	571,02	572,01	+ 3,89	+ 5,42	+ 2,3	+ 7,0	......	......	......	SO. 1	0,02
21	569,77	+ 5,80	569,48	570,40	+ 3,46	+ 5,14	+ 0,9	+ 7,0	......	......	......	NE. 1	0,08
22	568,28	+ 4,38	567,92	568,69	+ 2,54	+ 4,37	+ 1,0	+ 5,0	......	......	......	NE. 1	0,01
23	567,46	+ 3,63	567,26	567,90	+ 0,35	+ 2,33	— 0,6	+ 2,0	......	......	......	NE. 1	0,00
24	566,69	+ 2,94	566,24	567,45	+ 3,06	+ 5,19	+ 0,9	+ 5,4	......	......	......	NE. 1	0,00
25	565,35	+ 1,67	564,99	565,93	+ 2,45	+ 4,73	+ 0,4	+ 5,2	......	......	......	calme	0,00
26	566,07	+ 2,46	565,83	566,41	+ 1,05	+ 3,48	— 0,6	+ 3,8	......	......	......	NE. 1	0,00
27	564,82	+ 1,28	564,34	565,51	— 0,38	+ 2,20	— 1,6	+ 2,1	......	......	......	NE. 1	0,30
28	562,81	— 0,66	562,61	563,14	— 2,82	— 0,10	— 3,0	— 1,8	......	......	......	SO. 1	0,82
29	563,12	— 0,28	562,56	563,86	— 2,56	+ 0,31	— 3,2	— 1,8	......	......	......	SO. 1	1,00
30	564,70	+ 1,37	564,17	565,39	+ 0,23	+ 3,25	— 1,0	+ 1,4	45	12,6	2	SO. 1	0,96
31	564,80	+ 1,54	564,06	565,56	+ 2,51	+ 5,68	+ 2,2	+ 3,8	......	6,4	1	SO. 1	0,81

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermométrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1863.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	564,30	564,73	564,98	564,86	564,71	564,72	564,82	564,93	565,00
2e »	566,17	566,72	566,97	566,90	566,81	566,76	566,98	567,16	567,20
3e »	565,78	566,07	566,16	565,95	565,70	565,63	565,82	565,92	565,94
Mois	565,43	565,84	566,04	565,90	565,74	565,70	565,87	566,00	566,04
Température.									
1re décade,	— 0°,83	+ 0°,03	+ 0°,97	+ 1°,74	+ 1°,67	+ 1°,22	+ 0°,53	+ 0°,12	— 0°.15
2e »	— 0,20	+ 0,42	+ 1,24	+ 2,11	+ 2,01	+ 1,56	+ 0,59	+ 0,36	+ 0,29
3e »	— 0,26	+ 0,57	+ 2,06	+ 2,55	+ 2,35	+ 1,78	+ 0,62	+ 0,55	+ 0.40
Mois	— 0,43	+ 0,35	+ 1,44	+ 2,15	+ 2,02	+ 1,53	+ 0,58	+ 0,35	+ 0,19

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	— 1,13	+ 2,16	0,67	115,1	230
2e »	— 0,81	+ 2,37	0,67	185,2	460
3e »	— 0,42	+ 2,92	0,36	19,0	45
Mois	— 0,77	+ 2,50	0,56	319,3	735

Dans ce mois, l'air a été calme 24 fois sur 100

Le rapport des vents du NE à ceux du SO. a été celui de 0,50 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 29 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

RÉSUMÉS MÉTÉOROLOGIQUES

DES ANNÉES 1861 et 1862

POUR LAUSANNE

PAR

MM. J. MARGUET
Professeur à l'Académie

et

E. MARGUET
Professeur à l'École spéciale.

La station est restée la même qu'en 1860. A dater du 1er mars, le baromètre Gay-Lussac, dont la petite branche salie par le mercure avait besoin d'être nettoyée, a été remplacé par un baromètre à large cuvette, qui permet d'apprécier avec le vernier des vingtièmes de millimètre. Ce dernier baromètre a été longuement comparé avec l'ancien, et nous avons corrigé ses indications en retranchant $0^{mm},32$ des hauteurs réduites à zéro.

Cette correction ramène aux hauteurs absolues telles qu'on les observe à Genève ; elle a été obtenue par comparaison du Gay-Lussac avec le baromètre de M. Burnier, dont l'équation est connue.

Nous avons trouvé, par cette substitution, l'avantage de n'avoir qu'une seule lecture à faire et de pouvoir disposer du baromètre Gay-Lussac pour des mesures hyp-

sométriques pendant l'été. Les heures d'observations sont toujours : 8 h. du matin, midi, 2 h. et 4 h. du soir.

N. B. Les années 1861-1862 ont été comptées météorologiquement, c'est-à-dire commençant au 1er décembre de chaque année et finissant au 30 novembre de l'année suivante.

Température.

Au lieu de noter ici les températures moyennes extraites de nos registres, nous donnons, pour abréger, la température *moyenne vraie* de chaque mois, déduite de la moyenne des heures d'observations, à laquelle nous avons appliqué la correction correspondante, telle qu'elle est indiquée par le tableau B. [1]

Température moyenne vraie et moyennes des températures données par les thermométrographes pour 1861 et 1862.

ANNÉE 1861

MOIS.	Température moyenne.	Moyenne des minima.	Moyenne des maxima.	Moyenne des minima et des maxima.
Décembre 1860	+ 1,09	— 0.08	+ 3.20	+ 1.57
Janvier 1861..	— 2,31	— 4,06	— 0,59	— 2,33
Février	+ 2,70	+ 1.27	+ 5.56	+ 3.42
Mars.	4.2	2.67	7.42	5,05
Avril	8 78	4,97	12,30	8,64
Mai	13.04	9.15	17,42	13,24
Juin	16.09	13 71	20.40	17.06
Juillet.	15 59	13.69	20,04	16.87
Août.......	18.76	15,99	23.86	19.93
Septembre...	13.94	11.82	18.14	14.98
Octobre	11 74	10,38	15.09	12,74
Novembre ...	5,44	4.01	7.87	5.94
Année........	+ 9,09	+ 6.96	+12.55	+ 9,76

[1] Voyez *Archives*, t. IX, 1860, p. 27.

ANNÉE 1862.

MOIS.	Température moyenne.	Moyenne des minima.	Moyenne des maxima	Moyenne des minima et des maxima.
Décembre 1861	+ 0,55	— 0,67	+ 2.58	+ 0.96
Janvier 1862	0,52	— 1.23	2.39	0,58
Fevrier	1.02	— 0.57	4,09	1,76
Mars	6.96	+ 4 74	10.41	7,58
Avril	11,15	7,58	15 33	11,46
Mai	15.01	11.61	19.60	15.61
Juin	14.66	12.80	19 39	16.10
Juillet	18,09	15.15	23.35	19.25
Août	15.79	13 69	21.04	17 37
Septembre	14.04	12.60	17.90	15,25
Octobre	10.80	9.54	14.07	11 81
Novembre	5.41	4.22	7 48	5.85
Année	9,50	7,46	13,13	10,30

Température moyenne vraie.

SAISONS.	1861	1862
Hiver	+ 0.49	+ 0,70
Printemps	8.70	11.04
Eté	16 81	16.18
Automne	10.37	10,08
Année	9,09	9,50

Les années 1860, 1861 et 1862 forment une période de température croissante, comme le montrent leurs moyennes respectives 7°,35. 9°,09. 9°,50. La température de 1862 l'emporte de plus de *deux* degrés sur celle de 1860.

En 1861, par anomalie, juillet a été moins chaud que juin et que le mois d'août; ce dernier mois a surpassé juillet de plus de 3 degrés.

En 1862, la température de mai a été plus élevée que

celle de juin ; mais les autres mois ne présentent rien d'irrégulier.

Sauf l'hiver et surtout le printemps, l'année 1862 a été plus froide que sa devancière; on compte en 1862, au printemps, *trois* degrés de plus qu'en 1861.

Pour mieux apprécier les années 1861, 1862, sous le rapport thermométrique, comparons les températures ci-dessus avec celles de la période 1836—1855, et nous pourrons dresser les tableaux suivants :

Comparaison de la température de Lausanne en 1861 et 1862 avec celle des 20 ans de la période 1836-1855 [1].

ANNÉE 1861.

MOIS.	Différence avec la moyenne des 20 ans.	MOIS.	Différence avec la moyenne des 20 ans.
Décembre 1860	+ 0,06	Juin	— 0.16
Janvier 1861.	— 1,94	Juillet	— 1.74
Février.	+ 1 43	Août	+ 2.46
Mars.........	+ 0,84	Septembre ...	+ 1.00
Avril	+ 1,60	Octobre	+ 2.76
Mai..	+ 1,06	Novembre ...	+ 1.00

ANNÉE 1862.

MOIS.	Différence avec la moyenne des 20 ans.	MOIS	Différence avec la moyenne des 20 ans.
Décembre 1861	— 0.48	Juin	— 1.59
Janvier 1862..	+ 0.89	Juillet...... .	+ 0.76
Février.......	— 0 25	Août... . ..	— 0.51
Mars...	+ 3.51	Septembre ...	+ 1 10
Avril........	+ 3 97	Octobre	+ 1.82
Mai..	+ 3 03	Novembre ...	+ 0,97

[1] Voir *Archives*, t. IX, 1860, p. 30.

Température moyenne des saisons comparée à celle des 20 ans.

SAISONS.	Différence avec la moyenne des 20 ans. 1861	1862
Hiver	— 0,15	+ 0.06
Printemps	+ 1.16	+ 3,50
Eté	+ 0,18	— 0.45
Automne	+ 1.58	+ 1.29
Année	+ 0,69	+ 1,10

Ce dernier tableau a été formé en prenant les moyennes des saisons *météorologiques* de la période 1836—1855 qui sont :

SAISONS.	Moyen des saisons.
Hiver	+ 0.64
Printemps	7,54
Eté	16,63
Automne	8.79
Moy. de l'année	8,40

A l'inspection de ces tableaux, on reconnait pour 1861 : 1° que les mois de *janvier*, *juin* et *juillet* ont été *froids*, principalement le premier et le dernier, qui ont été *au-dessous* de leur température *normale* de près de *deux* degrés ; 2° que *tous* les autres mois ont été *chauds*, principalement *février*, *avril*, *août* et *octobre*, ces deux

derniers ayant dépassé leur température normale de *plus de deux* degrés ; 3° que l'hiver a été *froid*, le printemps *chaud*, l'été à peu près *normal*, et l'automne *très-chaud.*

Pour 1862 : 1° décembre, février, août, juin ont été froids, surtout ce dernier mois dont la température a été de plus d'un *degré et demi* inférieure à la température normale.

2° Tous les autres mois ont été chauds, et le mois d'avril présente un excès de près de *quatre* degrés,

3° L'hiver a été sensiblement normal, l'été un peu froid, l'automne chaud et le printemps très-chaud, puisque, dans cette saison, la température a excédé de *trois degrés et demi* la température moyenne de cette saison.

Température extrême pour chaque mois.

ANNÉE 1861.

MOIS.	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.	Écart.
Décembre 1860.	— 7.40	24	+ 10,10	8	17,50
Janvier 1861 .	— 9.80	17	7,30	1	17,10
Février	3.90	12	11 80	23	15,70
Mars...........	— 2,90	15	14.14	29	17.04
Avril..	+ 0.60	10	17,10	19	16.50
Mai..	+ 1.90	1	25,98	28	24,08
Juin	8.60	3	28 32	22	19,72
Juillet	10.70	4	24.30	31	13,60
Août	9,30	26	28 97	13	19,67
Septembre ...	7,20	19	26.60	3	19.40
Octobre.......	4,80	30	20.10	9	15,30
Novembre	— 2,50	19	13,76	13	16.26
Année	— 9,80	17 janv.	28,97	13 Août	17,66

ANNÉE 1862.

MOIS.	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.	Ecart.
Décembre 1861	— 6,90	23-28	+ 9.27	8	16.17
Janvier 1862...	— 10.60	19	8.38	31	18.98
Février.......	— 13,60	9	11.06	23	24.66
Mars..........	— 1.10	5	16,93	25	18.03
Avril..	— 0,80	15	22.25	28	23.05
Mai......	+ 7.40	11	23.69	3-30	16.29
Juin	+ 8.60	18	26.17	8	17.57
Juillet	11.70	1	29.54	27	17.84
Août..	10 00	11	29,21	2	19.21
Septembre... .	10.30	22	20 23	4	9,93
Octobre.......	5,20	28	20.13	14	14.93
Novembre.....	— 2.10	23	13,04	2	15.14
Année...... ..	— 13,60	9 Février	29,54	27 Juil.	17,65

1861 : variation totale pendant l'année 28,97 + 9,80 = 38,77.
1862 : » » » 29,54 + 13,60 = 43,14.

En 1861 : Le 17 janvier, le jour *le plus froid* de l'année, la température s'est abaissée à — 9°, 8, et le 13 août, jour le plus chaud, nous avons noté 28°, 97. Dans l'année, mai se montre comme le mois où la variation thermométrique a été la plus forte ; elle s'est élevée à 24°,08 ; juin est au contraire le mois où la variation a atteint son minimum, qui est 13°, 66. En moyenne, la température a varié en 1861 de 17, 66 par mois.

En 1862 : Le jour le plus froid de l'année a été le 9 février ; on a noté — 13°, 6 ; le jour le plus chaud, le 27 juillet, le thermomètre accusait 29°, 54. La plus forte variation mensuelle a eu lieu en février, elle s'est élevée à 24°,66 ; la plus faible a été 9°,93, en septembre.

En moyenne, la variation moyenne mensuelle a été de 17°, 65, la même qu'en 1861 (17°, 66).

Nombre de jours où la température s'est abaissée au-dessous de zéro pour le minimum et pour le maximum.

ANNÉE 1861.

MOIS.	Au dessous de zéro.	
	Minimum.	Maximum.
Décembre 1860.	15 jours	8 jours
Janvier 1861. .	27 »	20 »
Fevrier.	10 »	0 »
Mars.	3 »	0 »
Novembre . . .	4 »	0 »
Année	59 jours	28 jours

ANNÉE 1862.

MOIS.	Au-dessous de zéro	
	Minimum.	Maximum.
Décembre 1861.	14 jours	12 jours
Janvier 1862. . . .	20 »	9 »
Février	9 »	5 »
Mars.	2 »	0 »
Novembre	4 »	0 »
Année.	49 jours	26 jours

1861.

En déc 1860 : le min. a été au-dessous de 0 les 15 .. 26, 29, 30, 31.
le max. » » » 16, 20, 21... 24, 29, 30.

En janv. 1861 : le min. a été au-dessous de 0 les 3.... 26, 29, 30, 31.
le max. » » » 3... 21, 30.
Ceci explique la froidure de janvier.
En février: le min. a été au-dessous de 0 les 1.... 6, 8, 9... 12, 13.
En mars: le min. » » » 14, 15, 16.
En novembre: le min. » » » 18, 19, 20, 21.

1862.

En déc 1861 : le min. a été au-dessous de 0 les 4, 5, 20... 31.
le max. » » » 4, 21... 31.
En janv. 1862 : le min. » » » 1... 9, 13... 22, 28.
le max. » » » 1... 4, 7, 8, 18, 19, 20.
En février : le min. » » » 8... 16.
le max. » » » 8... 12.
En mars: le min. » » » 5, 6.
En novembre: le min. » » » 22, 23, 24, 25.

En 1861, le nombre des jours de non-dégel n'a dépassé que de 2 celui de 1862 ; mais il y a eu dans la première 10 jours de gel de plus que dans la seconde.

Pression atmosphérique.

Voici un tableau qui résume les faits relatifs à la pression de l'air, indiqués par le baromètre réduit à zéro.

Tableau des moyennes mensuelles et des hauteurs barométriques extrêmes, déduites des heures d'observations.

ANNÉE 1861.

MOIS	Moyenne.	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Différence
Décembre 1860	709.53	724,81	29	693.38	9	31.43
Janvier 1861 ..	20,12	30,44	21	710.05	1	20,39
Février.......	16.50	29,84	2	05,43	11	24,41
Mars.	15,34	25,07	5	00.97	19	24.10
Avril..... ...	16.61	24.44	17	06.32	22	18.12
Mai.	16,72	25 21	21	10,25	8	14.96
Juin	17,25	22,38	12	09,45	27	12,93
Juillet	16.62	22,45	29	08.65	5	13.80
Août	20,85	24,54	27	15.21	16	9 33
Septembre. ..	17.88	22,87	13	10.41	25	12.46
Octobre	18.56	24 12	13	08.75	29	15.37
Novembre	15 68	28,21	20	02,03	9	26,18
Année........	716,80	730,44	21 Janv.	693,38	9 Déc.	18,62

ANNÉE 1862.

MOIS.	Moyenne.	Maximum	Date.	Minimum.	Date.	Différence.
Décembre 1861	719.93	725 52	15	710.09	19	15 43
Janvier 1862..	716 19	723 34	27	708,67	20	14.67
Février	717 49	727 95	4	710.10	18	17,85
Mars....	711 44	720.49	4	697,54	29	22,95
Avril	717.78	722 02	25	710,98	3	11,04
Mai..........	716.41	724.05	2	708.00	12	16 05
Juin	716.51	721.61	4	711.31	12	10.30
Juillet.... ...	719.05	723,93	20	708,78	6	15.15
Août..........	716.98	721,49	1	713.47	17	8,02
Septembre....	717.50	722 66	8	710.21	4	12.45
Octobre	719,07	726.56	3	709.67	20	16.89
Novembre	712 63	720.12	8	697,81	25	22,31
Année	716,75	227,95	4 Février.	697,54	29 Mars	15,26

Hauteurs barométriques moyennes.

SAISONS.	1861	1862.
Hiver	715.38	717,87
Printemps ..	716.23	715.21
Été	718.24	717.51
Automne ...	717.37	716.40
Année.......	716.80	716,75

Les tableaux montrent pour 1861 : 1° que c'est le mois de *décembre* qui a donné la plus grande variation barométrique (31^{mm},43), et *août* la plus faible (9^{mm},33) ; 2° que le mois d'*août* a eu la plus forte moyenne et décembre la plus faible ; que le baromètre a atteint son *maximum* d'élévation le 21 *janvier*, et son *minimum* le 9 *décembre*, ce qui porte l'amplitude totale du mouvement de la colonne mercurielle à 730, 44 — 693, 38 = 37^{mm},06 ; 4° que la variation mensuelle a été en moyenne de 18^{mm},62 ; 5° que le baromètre s'est tenu le plus haut en *été*, et le plus bas en *hiver;* en automne plus haut qu'au printemps, faits qui sont dans la règle.

Pour 1862 : 1° que c'est le mois de mars qui a donné la plus forte variation barométrique (22, 95), et août la plus faible (8,02) ; 2° que le mois de décembre a eu la plus forte moyenne, et mars la plus faible ; 3° que le baromètre a atteint son maximum d'élévation le 4 février, et son minimum le 29 mars, ce qui porte l'amplitude totale à 727, 95 — 697, 54 = 30, 41 ; 4° que la variation mensuelle a été en moyenne de 15,26 ; 5° que le baromètre s'est tenu le plus haut en hiver, et le plus bas au

printemps, fait anormal, en automne plus haut qu'au printemps, selon la règle. On voit que ces deux années présentent, sous le rapport du baromètre, de notables différences.

En calculant d'après le tableau de la page 27 (*Archives*, n° 69, 20 septembre 1863) la correction qu'il faut appliquer à la moyenne des heures : 8 h., midi, 2 h. et 4 h., pour avoir la vraie moyenne barométrique, on trouve qu'elle est : + 0mm,1125 ou 0,11 en 1861 et 0,115 ou 0,12 en 1862. Adoptant cette correction pour Lausanne, nous avons pour la vraie moyenne barométrique en 1861 : 716,80 + 0,11 = 716,91

en 1862 : 716,75 + 0,12 = 716,87

La différence de niveau, entre les cuvettes des baromètres de Genève et de Lausanne, calculée avec la formule de M. Babinet, en prenant les vraies moyennes barométrique et thermométrique, pour 1862, des deux stations, serait de — 111m,54. Pour 1861, on trouve, par un calcul analogue, 111,55.

La différence déduite d'un nivellement direct est 519mm,32 — 408 = 111mm,32. Ces deux résultats sont assez concordants.

Des vents.

Les *huit* vents principaux se sont répartis comme il suit, dans les différents mois :

Vents observés à 8 h. du matin, midi et 4 h. du soir, en 1861 et en 1862.

ANNÉE 1861.

MOIS.	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Décembre 1860	2	25	7	9	2	18	12	18
Janvier 1861	5	27	10	14	4	12	7	14
Février	4	14	11	5	9	17	9	15
Mars	3	6	4	6	16	23	16	19
Avril	2	30	6	11	12	20	2	7
Mai	4	20	3	17	8	20	3	16
Juin	0	6	3	14	6	45	9	6
Juillet	1	4	0	16	1	44	6	20
Août	0	20	0	13	1	44	0	14
Septembre	0	14	0	14	0	41	0	21
Octobre	1	26	0	12	3	27	0	23
Novembre	2	11	10	6	7	33	8	13
Année	24	203	51	137	69	344	72	186

ANNÉE 1862.

MOIS.	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Décemb. 1861	3	45	6	10	0	12	5	10
Janvier 1862	4	27	0	15	0	21	0	25
Février	0	33	0	3	4	26	3	15
Mars	2	27	0	22	3	24	3	10
Avril	2	25	0	17	1	35	1	9
Mai	0	16	3	10	0	36	4	24
Juin	3	17	1	9	3	33	5	19
Juillet	0	11	1	8	0	58	1	14
Août	0	23	0	11	0	41	1	17
Septembre	0	20	0	12	0	44	0	11
Octobre	0	24	0	14	0	44	0	10
Novembre	7	46	1	7	0	11	2	16
Année	21	314	12	138	11	385	25	180

Vents dans les différentes saisons, en 1861 et 1862.

ANNÉE 1861.

SAISONS.	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Hiver... ...	11	66	28	28	15	47	28	47
Printemps ..	9	56	13	34	36	63	21	42
Eté	1	30	3	43	8	133	15	40
Automne . .	3	51	10	32	10	101	8	57
Année.......	24	203	54	137	69	344	72	186

ANNÉE 1862.

SAISONS.	N	NE	E	SE	S	SE	O	NO
Hiver	7	105	6	28	4	59	8	50
Printemps ...	4	68	3	49	4	95	8	43
Eté	3	51	2	28	3	132	7	50
Automne ...	7	90	1	33	0	99	2	37
Année 1862..	21	314	12	138	11	385	25	180

Fréquence relative des vents principaux NE. SO, en 1861 et 1862.

ANNÉE 1861.

MOIS.	Rapport de NE à SO.	MOIS.	Rapport de NE à SO
Décembre 1860..	1,39	Juin	0.13
Janvier 1862 ..	2,25	Juillet.....	0.09
Février........	0.82	Août.	0,45
Mars..........	0.26	Septembre.	0,34
Avril.	1 50	Octobre	0.96
Mai.	1.00	Novembre	0 33
SAISONS		SAISONS	
Hiver	1.40	Eté	0 23
Printemps	0,89	Automne	0 51

ANNÉE 1862

MOIS.	Rapport de NO à SO.	MOIS.	Rapport de NE à SO.
Décembre 1861.	3,75	Juin.	0,52
Janvier 1862	1,29	Juillet.. .. .	0,19
Février	1,27	Août	0,56
Mars..	1 12	Septembre......	0,45
Avril	0,71	Octobre	0.55
Mai...........	0,44	Novembre	4,18
SAISONS.		SAISONS.	
Hiver.........	1.78	Eté	0,39
Printemps......	0,72	Automne	0,91

Rapport moyen annuel.

En 1861 :	En 1862 :
0,79	1,25

De ces résultats on conclut pour 1861 : 1° que dans l'année le vent le plus fréquent a été le S.-O., et le plus rare le vent du N. ; après le S.-O. vient le N.-E., puis le N.-O.; 2° que le S.-O. ayant soufflé plus souvent en été que dans les autres saisons, il a dû apporter une certaine quantité d'eau dans cette saison, mais que son influence, quant à l'humidité, a été moins forte dans l'année que si le vent pluvieux avait prédominé dans les saisons froides; 3° que le vent du N.-E. a régné plus en hiver que dans les autres saisons. De 2° et 3° il résulte que l'année 1861 n'a pas donné beaucoup d'eau relativement aux années précédentes, comme on le verra bientôt.

Pour 1862 : 1° que durant l'année le vent le plus fréquent a été le S.-O., et le plus rare le vent du S.; après le S.-O. vient le N.-E., puis le N.-O. ; 2° que c'est en été que le S.-O. a dominé, et en hiver le N.-O.

Il y a beaucoup de ressemblance entre les deux années sous le rapport des vents. Cependant le rapport moyen de N.-O. à S.-O. a été, en 1862, une fois et demie plus grand qu'en 1861 ; ce fait annonce que la première a dû être plus sèche que la seconde, comme on le verra ci-après.

De la pluie.

L'eau tombée a été reçue dans un récipient de 24 centimètres de diamètre, et la hauteur mesurée dans un second vase d'un diamètre moitié, de sorte que les indications de ce dernier ont été divisées par 4; c'est ce qui a produit les millièmes consignés dans le tableau ci dessous :

Eau tombée à Lausanne en 1861 et 1862 (en millimètres).

ANNÉE 1861.

MOIS.	Eau tombée.	Nombre de jours.
Décembre 1860. .	113.025	21
Janvier 1861 . . .	4.000	2
Février	28.400	7
Mars...	78.275	18
Avril...... .	27.775	5
Mai	19,725	6
Juin	126.200	16
Juillet	192,475	17
Août	33,525	5
Septembre......	147.250	11
Octobre...	63,800	7
Novembre	106.050	17
SAISONS.		
Hiver	145,425	30
Printemps	125.775	29
Eté	352,200	38
Automne	317,100	35

ANNÉE 1862.

MOIS.	Eau tombée	Nombre de jours.
Décembre 1861 ..	31.150	4
Janvier 1862 ...	86,225	18
Février	30 050	9
Mars..	64,450	15
Avril	40.900	11
Mai	38,925	12
Juin	141.700	18
Juillet	58,425	10
Août..........	91.925	17
Septembre.	60.350	12
Octobre	121.475	16
Novembre	31.350	10
SAISONS.		
Hiver	147,425	31
Printemps	144,275	38
Eté	292.050	45
Automne	213,175	58

Année 1861 : 940^{mm},5 en 132 jours.
» 1862 : 796^{mm},9 en 152 jours.

L'année 1861 a reçu moins d'eau que les quatre années précédentes. En 1860, en particulier, il est tombé pendant l'année météorologique 1634^{mm},535, c'est-à-dire 1,7 fois la quantité d'eau de 1861. On voit que les extrêmes, pour l'eau tombée, sont les mois de *juillet* et de *janvier*, le premier donnant le *maximum* et le second le *minimum*. C'est en *été* qu'il est tombé le plus d'eau, puis en *automne* et en *hiver*; le *printemps* correspond au minimum parmi les saisons.

En 1862 : il est tombé moins d'eau qu'en 1861, et la quantité reçue n'est pas *la moitié* de celle qui a été recueillie en 1860.

Les mois extrêmes pour l'eau ont été décembre et juin, le premier donnant le *minimum* et le second le *maximum*. Pour le reste, comme en 1861. Toutefois, en 1862, il est tombé de l'eau 20 fois de plus qu'en 1861.

État hygrométrique de l'air.

L'hygromètre à cheveu de de Saussure a été seul observé.

Après avoir corrigé les indications de cet instrument, à l'aide de la table de M. Melloni, insérée dans l'*Annuaire météorologique de France*, pour 1850, nous avons composé le tableau ci-après :

Humidité relative, en centièmes, déduite des 4 h. d'observations, en 1861 et 1862.

ANNÉE 1861.

MOIS.	Moyenne	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.	Différence.
Décembre 1860..	67	57	20	93	30	36
Janvier 1861 ..	76	39	7	97	24	58
Février	78	41	28	91	2	50
Mars	64	44	15	88	20	44
Avril...........	49	26	16	87	1	61
Mai.......	49	26	26	82	31	56
Juin	60	34	25	87	2	53
Juillet..	63	35	12	85	6	50
Août..	52	30	31	77	5	47
Septembre ...	54	30	3	83	25, 30	53
Octobre	74	57	8	88	24	31
Novembre	71	53	6	88	23	35
Année.	63	26	16 Avril. 26 Mai	97	24 janv.	48

ANNÉE 1862.

MOIS.	Moyenne	Minimum	Date	Maximum	Date	Différence
Décembre 1861.	69	42	16	83	12	41
Janvier 1862	69	51	19	83	31	32
Février.........	65	35	10	85	19	50
Mars...........	59	24	25	82	21	58
Avril....... ...	52	24	26	78	13	54
Mai.......... .	55	35	2	82	10	47
Juin...........	56	30	29	85	22	55
Juillet	51	30	3	82	29	52
Août.........	65	23	2	91	28	68
Septembre.....	65	53	30	98	23	45
Octobre	72	50	27	91	31	41
Novembre......	72	39	8	91	15	52
Année	62,5	24	25 Mars 26 Avril	98	23 Septemb.	49,5

Humidité relative des saisons.

	1861	1862
Hiver....	74	68
Printemps...........	54	55
Eté.............	58	57
Automne.............	66	70
Année.......	63	62,5

En 1861 : les extrêmes pour l'humidité de l'air sont *février* (78) et *août* (52). L'air a été le plus *sec* le 16 *avril* et le 26 *mai*; il a été le plus humide le 24 janvier. La variation totale de l'humidité s'est élevée à 97 — 26 = 71.

L'*hiver* a donné le maximum d'humidité, et le *printemps* le minimum.

En 1862 : les extrêmes sont octobre, novembre (72) et juillet (51), L'air a été le plus sec le 24 mars et le 26

avril; il a été le plus humide le 23 septembre. La variation totale s'est élevée 98 — 24 = 74.

L'automne a donné le maximum d'humidité, et le printemps le minimum. Les moyennes des 2 années diffèrent fort peu.

Orages et phénomènes d'optique atmosphérique en 1861 et 1862.

ANNÉE 1861.

MOIS.	Éclairs sans tonnerre	Tonnerre	Couronnes lunaires	Halos	Parhélies
Décembre 1860	1		1		1
Janvier 1861.			6		
Février......			2	1	
Mars.......	1	1		1	1
Avril.........	1	1			
Mai..........		3		1	1
Juin	1	6			
Juillet.......		5			
Août.......	2	2			
Septembre...		3			
Octobre			1		
Novembre ...		1	1		
Année	6	22	11	3	3

ANNÉE 1862.

MOIS.	Eclairs sans tonnerre	Tonnerre	Couronnes lunaires	Halos
Décembre 1861 .			1	
Janvier.1862...			2	
Février........			1	
Mars	3	1		1
Avril	3	2	1	2
Mai............	3	6	1	1
Juin	3	8		
Juillet..........	2	3		2
Août..........	2	8	1	1
Septembre......	1	1		4
Octobre	1	1		1
Novembre			4	
Année...... ..	18	30	11	12

FAITS DIVERS

DÉCEMBRE 1860. — Le 1er, couronne lunaire à 9 h.

Le 9, baisse remarquable du baromètre. Le minimum a eu lieu vers 8 h. du matin. Pluie pendant toute la journée.

La baisse a commencé le 7.

Le 17, pendant la chute de la neige, *éclairs* sur les Alpes vaudoises.

Le 19, rafales de O.-S.-O.

Dans la nuit du 20-21, rafales de N.-O.; et dans celle de 21-22, rafales de O.-N.-O.

Le 23, parhélie.

Le 26, pendant la nuit, rafales de N.-O. ; et dans celle du 26-27, fort vent de S.-O.

Le 29, fort vent de N.-E., de 2 h. du matin à 10 h.

Dans ce mois il a neigé les 11, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 22... 25.

JANVIER 1861. — Dans la nuit du 1-2, bourrasques de N.-O. apaisées au jour.

Brouillard les 8, 10..12, 22....25, 29, 30, 31.

Couronnes lunaires les 19, 20, 22, 25, 26, 28.

FÉVRIER. — Dans la nuit du 10-11, N.-O. assez fort.

Le 13, fort vent de S.-O. dans la soirée.

Brouillard les 1, 2, 4, 8, 9, 20, 21.

Couronnes lunaires les 21, 22.

Neige les 11, 13.

MARS. — Dans les nuits 1-2 et 4-5, rafales de O.-N.-O.

Le 4, à 6 h. du soir, *neige* qui a fondu rapidement le lendemain.

Le 7, temps par grains, *neige* fondante,

Le 8, *giboulées*.

Le 11, coup de vent de O.-S.-O., avec pluie; à 9 h. du soir, *éclairs* à l'E.; *grêle* et *neige* pendant la nuit.

Les 12, 13, 14, *neige*.

Le 18, coup de vent terrible du S.-O., avec *grésil, pluie* et *neige*, reprenant le 19, avec neige, et continuant pendant la nuit 19-20.

Le 21, reprise du coup de vent.

Le 22, *neige* fondante à 8 h.; de 10 h. à midi, violente tourmente de *neige*.

Le 29, *tonnerre* au N.-E.

AVRIL. — Le 8, *éclairs* à l'E.-S.-E.

Le 9, vent de N.-O. très-fort pendant le jour et la nuit.

Les 23 et 24, fort vent de N.-E.

Le 28, à 3 h. du matin, *tonnerre*.

MAI. — Le 4, *grésil* à 1 h. de l'après-midi.

Le 5, *neige* fondante, fort vent de N.-O.

Le 6, un peu de *grésil* dans la matinée.

Le 10, traces de *halo* avec *parhélie*.

Les 15, 18, 19, 20, vent N.-E. très-violent.

Le 28, *tonnerre* au S.-S.-E.; le 29, *orage*; le 31, *tonnerre*.

JUIN. — Les 8, 17, 18, 19, 22 et 28, *tonnerre.*

Le 27, *pluie* mélangée de *grêle* en petits grains.

JUILLET. — Le 2, nous avons vu pour la première fois, à l'œil nu, une belle comète, à 9 h. 15 m. du soir, dans la région N.-N.-O.

Les 5, 6, 7, 8, 12, *tonnerre.*

Le 15, *brouillard.*

AOUT. — Les 1 et 17, *tonnerre.*

Les 2, 6, 7, *éclairs.*

SEPTEMBRE. — Les 10, 15 et 24, *tonnerre.*

Le 15, rafales du N.-O. avec *pluie.* Première *neige* sur la Dent-d'Oche.

Le 23, rafales de S.-O.

OCTOBRE. — Ciel *brumeux,* les 1, 2, 4, 16, 17, 18 et 25.

Le 21, *couronne lunaire.*

Le 29, *neige* sur les Alpes et le Jura.

NOVEMBRE. — Le 1er, coup de vent de S.-O., pendant la nuit.

Le 3, première *gelée blanche.*

Les 6 et 7, rafales de S.-O., pendant la nuit.

Le 12, la neige fond sur les sommités du Jura.

Le 13, fort vent du S.-O., pendant la nuit.

Le 14, *tonnerre* à 7 h. du soir.

Dans la nuit du 14-15, forte *pluie* et coup de vent de N.-O., passant le 16 à l'O.-N.-O.

Le 17, *couronne lunaire.*

Le 18, sol gelé, le matin.

Les 20, 21, 22, *brouillard.*

Le 23, *pluie* et rafales de O.-S.-O.

DÉCEMBRE 1861. — Le 4, premier gel continu.

Le 5, grésil.

Neige, les 5, 7.

JANVIER 1862. — Le 11, rafales de N.-O.

Le 31, pluie et rafales de S.-O.

Neige, les 4, 6, 13, 19, 20, 21, 22.

Février. — Neige, les 7, 17, 26.

Le 7, coup de vent de N.-E. avec tourmente de neige; le 8, continuation. Forte bise jusqu'au 11.

Le 25, grésil.

Mars. — Le 3, baisse remarquable du baromètre (698,3), éclairs au N.

Le 4, éclairs sur le Jura.

Le 21, baisse très-forte du baromètre (702,2); de même le 27.

Le 26, bise violente. Le 29, orage, avec pluie.

Neige, le 6.

Avril. — Les 7 et 8, tonnerre.

Neige, les 13, 14.

Le 14, gel et vent de N.-E. très-fort.

Le 15, grésil dans l'après-midi.

Les 27 et 28, éclairs au N.; le 29, éclairs au S.-E.

Mai. — Le 2, orage.

Le 3. *couronne lunaire.*

Le 6, éclairs dans l'E.-N.-E.

Le 7, coup de vent de N.-O. et tonnerre.

Le 14, abaissement de température de 4°, 25 entre 2 h. et 4 h.

Le 15, éclairs au S.

Les 19, 24, 25, 30, tonnerre.

Juin. — Les 1, 2, 8, 9, 11, 15, 17, 27, tonnerre.

Le 27, la foudre est tombée à la gare et au jardin de l'Arc sur Montbenon.

Juillet. — Le 6, orage avec pluie et grêle. Grêlons de 4 à 5mm de diamètre.

Le 15, orage violent sur la ville, bourrasque de N.-O.

Le 28, tonnerre.

Aout. — Les 3, 5, 6, 8, 10, 16, 21, 22, tonnerre.

Septembre. — Le 11, tonnerre.

Octobre. — Le 1er, neige sur les Alpes de Savoie.

Le 19, tempête avec pluie torrentielle; le 20, rafales de S.-O. et N. O.

Le 21, continuation; le 22, fin du coup de vent.

Le 26, orage; le 27, brouillard.

Novembre. — Le 10, première gelée blanche.

Le 12, neige sur le Jorat.

Le 22, gelée.

Le 27, neige aux abords de Lausanne.

ÉTUDES PHYSIOLOGIQUES

SUR LA FÈVE DE CALABAR

PAR

M. H. DOR,
Docteur.

Sur la côte occidentale de l'Afrique, dans le Calabar, près de l'embouchure du Niger, croît une plante de la famille des Légumineuses, tribu des Phaséolées, pour laquelle M. Balfour, professeur de botanique à l'université d'Édimbourg, a créé le genre de Physostigma (*sp. venenosum*). C'est une plante vivace, grimpante, atteignant jusqu'à 40 pieds, qui habite les terrains marécageux et flotte sur l'eau des rivières. Les fleurs, rappelant celles de nos haricots, sont d'un rouge pourpré. Le légume atteint une longueur de 15 centimètres, et contient deux à trois fèves, qui sont la seule partie active de la plante. Depuis longtemps quelques-unes des propriétés de ce végétal sont connues dans le Calabar, où l'on se sert de la fève à titre d'épreuve judiciaire. Lorsque quelqu'un est accusé d'un délit grave, il doit se soumettre à l'épreuve de la fève. Les prêtres, qui malheureusement dirigent toujours ces épreuves, font prendre, suivant les cas, une à vingt-cinq fèves en poudre ou en infusion; s'il survient des vomissements, l'estomac peut être débarrassé et l'accusé sauvé, dans quel cas il est déclaré innocent, sans

cela il ne tarde pas à succomber à l'effet toxique de la plante. Si l'accusé est déclaré innocent, l'accusateur doit à son tour se soumettre à la même épreuve. Cette triste coutume est tellement répandue au Calabar que, d'après le récit des missionnaires, environ 120 personnes succombent par année de cette manière (sur 100,000 habitants). La plante est cultivée dans des terrains soigneusement gardés par les chefs, ce qui explique la difficulté que l'on a encore à se la procurer. Les fèves plantées en Europe ont produit des plantes vigoureuses, mais qui n'ont jamais donné de fruits.

Les premières recherches sur la fève de Calabar remontent à 1840 et sont dues au Dr Daniell (Voir Société ethnologique d'Édimbourg, 1846). Le professeur Christison, d'Édimbourg, publia en 1855, dans le *Medical Journal*, un compte rendu des expériences qu'il fit sur lui-même et sur des animaux. Mais ce n'est que tout dernièrement que M. Fraser, assistant du professeur Christison, appela de nouveau sur ce sujet l'attention du public médical par sa thèse inaugurale sur les « caractères, l'emploi et l'action thérapeutique de la fève du Calabar. » De nombreux articles ont été publiés depuis dans différents journaux scientifiques par les docteurs Wells, Harley, Hambury, Giraud-Teulon, Græfe, Donders, Giraldès, les rédacteurs des *Archives de médecine*, etc.

Nous allons exposer les résultats intéressants de tous ces travaux, ainsi que ceux qui résultent des expériences que nous avons instituées nous-même.

Pour les expériences sur les animaux, on se sert de poudre ou d'extrait alcoolique. Ce dernier, se dissolvant mal dans l'eau, ne peut être utilisé dans les applications que ce remède a trouvées dans les maladies des yeux.

On a donc eu recours au procédé recommandé par Streatfield pour l'atropine, savoir : de se servir d'un papier imbibé d'une solution titrée. Plus tard nous nous servirons toujours d'une solution d'extrait dans la glycérine, c'est-à-dire lorsque de nouvelles fèves seront arrivées du Calabar.

Action physiologique sur les animaux. Action générale. — Lorsqu'on administre à un lapin une dose juste suffisante pour amener la mort, on observe d'abord un léger tremblement dans les membres inférieurs, puis plus tard dans les supérieurs; les membres inférieurs se paralysent. Les pupilles sont contractées, la respiration lente et irrégulière, et toute action réflexe cesse peu à peu ; l'animal reste sans mouvement, respirant à peine, puis la mort survient.

Lorsqu'on donne une dose plus forte, les membres inférieurs se paralysent de suite et les autres phénomènes se succèdent comme ci-dessus, mais beaucoup plus rapidement. A l'autopsie on n'a rien observé qu'une dilatation du cœur, un engorgement des poumons, du foie et des reins, et une congestion de la surface du cerveau.

Action locale. — L'action locale de la fève de Calabar est d'abolir la contractilité des tissus musculaires, mais seulement temporairement. Fraser prétend que l'on peut avec l'extrait paralyser à volonté les diverses parties du corps d'un lombric ou l'animal entier.

La fève de Calabar a enfin une dernière propriété étudiée également sur les animaux : c'est celle d'agir comme antidote de la strychnine. Lorsqu'après avoir administré à un lapin une dose toxique de strychnine, on injecte dans les tissus du corps de l'extrait de fève au moment où les secousses tétaniques se manifestent, ces symptô-

mes disparaissent dans les membres inférieurs, qui redeviennent complétement flasques, tandis qu'ils continuent dans les membres supérieurs.

Action physiologique sur l'homme. — M. le professeur Christison, ayant tenté sur lui-même les seules expériences vraiment scientifiques connues jusqu'à ce jour, nous ne saurions mieux faire que de le laisser les raconter lui-même :

« Une première fois la dose fut de 0 gr. 36, environ la huitième partie d'une fève ; un peu d'engourdissement dans les membres fut le seul symptôme observé. »

Le lendemain, M. Christison s'administra une dose plus considérable, environ le quart de la fève, dont le poids total était de 2 gr. 88; soit 0 gr. 72 centigrades. Au bout de cinquante minutes, survint un léger vertige qui est attribué à l'influence de l'imagination. « Je pris alors une douche chaude qui, avec les frictions, etc., put durer cinq à six minutes ; le vertige fut alors très net et accompagné de la torpeur qu'on remarque après l'administration de l'opium ou du hachisch aux doses médicinales. Étant alors renseigné suffisamment sur l'énergie du poison auquel j'avais affaire, je pris aussitôt les moyens de m'en débarrasser en buvant de l'eau ; j'avais justement avalé le poison alors que l'estomac était vide, je devins bientôt si faible, si engourdi et si abattu, que je fus heureux d'être étendu sur mon lit ; l'abattement continua à être grand sans devenir plus inquiétant ; j'appelai mon fils, lui dis distinctement mon état, quelle en était la cause et le remède ; qu'il ne devait pas s'alarmer et qu'il valait mieux, pour sa satisfaction personnelle, envoyer chercher mon ami, le Dr Simpson, qui demeurait tout près; celui-ci accourut aussitôt et me trouva très-

pâle et très-abattu ; les battements du cœur et le pouls extrêmement faibles, tumultueux et irréguliers ; mes facultés mentales étaient conservées, ma seule sensation était une extrême faiblesse, pas trop désagréable.

« Le Dr Simpson crut utile d'aller chercher le Dr Maclagan, autorité toxicologique, et revint avec lui au bout de cinq minutes,

« Pendant son absence j'eus mal au cœur et j'essayai de me placer sur mon séant pour vomir, ce fut impossible ; je tentai un nouvel effort plus vigoureux, je pus à peine me remuer, et je tombai cette fois tout à fait abattu ; je fus un peu plus heureux dans une troisième tentative, et, dans une quatrième, je réussis à me soulever par un grand effort de la volonté ; je ne pouvais pas vomir, les muscles abdominaux agissant trop faiblement, je renonçai à tenter de nouveaux efforts, et je demeurai couché, me fortifiant moi-même par la réflexion que je n'avais pas besoin de vomir, puisque l'estomac était complétement vide.

« En même temps, le mal de cœur disparut et ne revint plus ; je sentis l'engourdissement augmenter vers les muscles pectoraux et dans les articulations, et j'essayai de le chasser en me contraignant à parler lentement et fermement, afin de ne pas effrayer mon fils qui, alors, était seul avec moi.

« M. Maclagan trouva mon état tout à fait semblable à celui que produit l'aconit : le pouls et les battements du cœur très-faibles, fréquents et plus irréguliers ; la face très-pâle, une grande prostration ; les facultés mentales intactes, à moins peut-être qu'on n'ait jugé ainsi parce que je ne paraissais pas alarmé, tandis que mon ami avait beaucoup de raisons pour l'être. Je ne sentais de fait au-

cune espèce de douleur, d'engourdissement, de cuissons, et je ne souffrais en aucune manière de la grande faiblesse de l'action du cœur. Quant aux alarmes que je pouvais avoir, j'étais assez tranquille pour calculer que lorsque 0 gr. 6 cent. n'avaient pas eu d'effet, le double ne serait point mortel, l'estomac étant si bien dégagé.

« Tous les membres devinrent froids avec un sentiment fort vague d'anéantissement ; mais la chaleur entretenue à mes pieds me calma, et je fus encore plus soulagé par un grand sinapisme qui fut appliqué sur tout l'abdomen.

« Peu à peu le pouls augmenta de volume tout en restant irrégulier, je n'étais pas encore capable de me tourner dans mon lit, et quand j'essayai de me placer sur le côté gauche, mon attention fut appelée aussitôt sur l'action du cœur qui devint extrêmement tumultueuse, ce qui me força à demeurer encore sur le dos pour échapper à cette étrange sensation.

« Deux heures après l'absorption du poison, je m'assoupis et dormis pendant plus de deux heures, mais mon esprit fut si agité que je n'eus point conscience d'avoir dormi tout ce temps ; à mon réveil, l'action tumultueuse du cœur continua ; une heure après, je pris une tasse de café fort ; j'éprouvai promptement un changement indéfinissable, et, en examinant l'état du cœur, on trouva que les pulsations étaient devenues parfaitement continues et régulières.

« Dans la journée, je fus capable de quitter mon lit ; en me levant de table, après un dîner passable, je me trouvai si étourdi que je fus heureux de m'étendre sur un sopha pour toute la soirée ; le lendemain matin, après un bon sommeil, je me trouvai assez bien. »

M. Christison conclut de cette expérience que la prin-

cipale propriété de la fève de Calabar est de paralyser le cœur. La paralysie des membres ne serait qu'apparente et dépendrait du défaut de détermination volontaire ; on peut aussi signaler l'efficacité du café dont l'action s'est fait sentir d'une manière si nette cinq heures après l'ingestion du poison ; on connaît du reste l'utilité du café dans les empoisonnements par les narcotiques.

Mais l'action principale de la fève de Calabar, celle qui constitue un véritable progrès thérapeutique, c'est celle de faire contracter la pupille et de déterminer en même temps une véritable crampe du muscle accommodateur, agissant ainsi sous ce double rapport comme antagoniste de la belladone, c'est-à-dire de l'atropine.

Voici la série des phénomènes (les données suivantes sont la moyenne de toutes les observations faites jusqu'à ce jour) :

En employant l'extrait fort, la contraction de la pupille, la myosis, commence en moyenne après 9 minutes ; le maximum de myosis a lieu 6 à 8 minutes après le commencement de la contraction. Le rétrécissement se fait par oscillations visibles, surtout au commencement. L'acuité de la vision diminue sensiblement, probablement par suite de ces oscillations et d'un manque de stabilité de l'accommodation. Dans l'œil *calabarisé*, la vision n'est souvent que les deux tiers ou même la moitié de ce qu'elle est à l'état normal. Dans une chambre obscure, à la lumière artificielle, la netteté de la vue diminue beaucoup plus rapidement encore. Souvent après l'action du Calabar, l'on aperçoit pendant quelques jours une mydriase sensible surtout le matin.

Avec une faible solution, $^1/_8$ d'extrait, l'action sur la pupille commence au bout de 12 minutes et dure trois

jours; celle sur l'accommodation ne dure qu'une heure et demie à 1 heure 40 minutes. Avec une solution beaucoup plus faible, $^1/_{100}$, l'action sur la pupille commence demi-heure après l'application et dure 16 heures; l'accommodation ne varie pas.

Les limites de l'accommodation ne sont point encore déterminées. La réfraction n'est point changée, mais le *punctum proximum*, *p*, paraît plus rapproché. Donders veut y voir une véritable augmentation de la latitude de l'accommodation, tandis que de Græfe prétend que les limites de l'accommodation monoculaire sont normales, mais pas celles de l'accommodation binoculaire. Dans les expériences que j'ai faites sur moi-même, je n'ai point pu vérifier ce dernier fait, n'ayant calabarisé qu'un œil à la fois. Cette divergence d'opinions tient au myosis, comme on le verra plus loin, et cette source d'erreur a déjà été signalée par de Græfe. Comme exemple des nombreuses expériences, je ne citerai que celle que j'ai faite sur moi-même:

Mon œil gauche, dont la vision du reste est très-bonne, présente néanmoins, lorsqu'on l'examine plus attentivement, un astigmatisme d'environ $^1/_{25}$ (emmétropie dans le méridien horizontal, myopie $^1/_{25}$ dans le méridien vertical).

Pour le méridien vertical, le point *p* est à 4 $^1/_2$ pouces; pour le méridien horizontal le point *p* est à 5 $^1/_2$ pouces. La pupille a 4 $^1/_2$ millimètres de diamètre. A 11 $^1/_2$ heures, j'applique sur la conjonctive palpébrale un des carrés du papier calabarizé. A 11 heures 50 minutes aucune action; à 12 heures, léger trouble à distance, lignes horizontales nettes à 20 pouces, lignes verticales à l'∞; de près, lignes horizontales nettes à 4 pouces. A 12 heures 50 minutes,

même vision à distance; de près, lignes horizontales nettes à 3 $^1/_2$ pouces, verticales à 4 $^1/_2$. Diamètre pupillaire, 2 millimètres.

En plaçant un petit diaphragme devant l'œil droit, j'arrive tout à fait au même résultat. Il n'y a donc pas augmentation de la latitude de l'accommodation; l'augmentation apparente tient au rétrécissement de la pupille, qui éloigne les cercles de diffusion.

La vision distincte, quoique encore possible aux limites extrêmes de la réfration, s'exerce habituellement sans efforts dans le voisinage du *punctum proximum*. Une action très-extraordinaire, que je n'ai point encore suffisamment étudiée, mais que je tiens à signaler dès à présent à l'attention des observateurs, est le changement apparent des couleurs. Le vert et le rouge surtout m'apparaissaient beaucoup moins vifs de l'œil gauche que du droit, tandis qu'auparavant comme après la cessation de l'action du calabar, la vue des deux yeux était parfaitement égale sous le rapport des couleurs. Les arbres et tous les autres objets qui m'entouraient me paraissaient beaucoup *moins jaunes* de l'œil gauche que du droit.

Comme on pouvait s'y attendre, l'effet du calabar est nul dans les cas de presbyopie considérable; on pourra donc se servir du calabar pour distinguer les faiblesses musculaires de la presbyopie *cristallinienne*, si je puis m'exprimer ainsi.

Enfin, il reste encore à déterminer la puissance d'action respective de l'atropine et de la fève de Calabar. Malheureusement les deux agents ne sont point rigoureusement comparables, car nous ne possédons pas encore l'alcaloïde du physostigma, et nous ne pouvons opérer qu'avec l'extrait, dont le degré de saturation n'est point

toujours le même, ou avec le papier calabarisé. L'exemple suivant pourra donner une idée de l'action antagoniste de ces deux substances.

Mme G...., affectée de temps en temps de symptômes légers d'un iritis chronique, dont elle est atteinte depuis plusieurs années, avait repris l'emploi de l'atropine la veille du jour où je la vis. Les deux pupilles étaient dilatées *ad maximum* (9 millimètres) après instillation de deux gouttes d'une solution d'atropine (1 grain sur $^1/_2$ ℥), mises l'une le matin, l'autre le soir du 26 septembre. L'état des yeux ne nécessitant pas l'usage plus prolongé de l'atropine, j'essayai sur un œil l'emploi du calabar. L'œil droit, dont la vision n'est point parfaite et dont la pupille est, comme nous l'avons dit, complétement dilatée, distingue à peine à 12 pieds les lettres du numéro LXX de l'échelle typographique de Snellen (calculée pour 70 pieds), mais cela tient en grande partie à une myopie de $^1/_{30}$, car avec un verre — $^1/_{30}$ elle distingue à la même distance quelques lettres de XX. Elle lit à 80 pouces un caractère moyen (n° 4 $^1/_2$) et ne possède aucune accommodation.

10 h. 30.	Applic. du papier calabarisé. Pupille 9 mill.				
		Acc. = 0.			
10 h. 45	Légère contract.	Acc. = $^1/_{120}$	de 30″ à 24″		
11 h.	Pupille 7 mm	Acc = $^1/_{20}$	30″ à 12″		
11 h. 15.	...... 6 mm	Acc = $^1/_{12}$	30″ à 8 $^1/_2$	Acc. appar	$^1/_{39}$ de 15″ 8 $^1/_2$″
11 h. 30	...... 6 mm	Acc. = $^1/_{10}$	30″ à 7 $^1/_2$	»	$^1/_{30}$ de 12″ 7 $^1/_2$″

Le tableau ci-dessus indique les changements survenus sous l'influence du papier calabarisé, dont un morceau resta sur la conjonctive palpébrale pendant demi-heure. L'on voit que la latitude de l'accommodation, qui toutefois n'atteint jamais la latitude normale, est au bout

de trois quarts d'heure dix fois plus considérable qu'après les quinze premières minutes. L'action de l'atropine est donc sensiblement plus forte, et surtout elle persiste plus longtemps, comme bien des cas l'ont démontré, entre autres celui ci-dessus. En effet, le lendemain matin la pupille présentait un diamètre de 8 millimètres et l'accommodation était $= {}^{1}/_{15}$, de 30″ à 15″.

Les chiffres, qui aux deux dernières lignes du tableau ci-dessus indiquent l'accommodation apparente, reposent sur les données de la malade qui, voyant plus facilement dans le voisinage du point *p*, prétendait ne pas distinguer nettement au delà de 15″, puis même de 12″ ; mais, après un examen plus attentif, la vision s'exerçait normalement jusqu'aux limites de la réfraction, c'est-à-dire à 30″.

La fève de Calabar est appelée à prendre une place importante dans la matière médicale, et nous pouvons dès aujourd'hui indiquer quelques-unes de ses applications thérapeutiques.

Dans tous les cas de mydriase, qu'elle soit idiopathique ou symptomatique d'une paralysie de l'oculomoteur commun, l'extrait de calabar sera indiqué et il aura une action immédiate, quoique de peu de durée. Si l'on démontre que l'emploi d'une dose faible, mais souvent répétée, ne présente aucun danger, on prescrira le calabar dans tous les cas de kératokonus ou de forte asymmétrie de la cornée, afin de diminuer par l'étroitesse de la pupille les troubles de la vision dûs aux cercles de diffusion.

Nous avons également, de même que plusieurs autres opérateurs, contracté la pupille dans le cas de glaucome

chronique. Le calabar présente ici le double avantage de faciliter l'opération et, en contractant l'iris, d'en faire saisir une portion plus considérable et d'augmenter ainsi le diamètre de la pupille artificielle.

Un fait curieux à noter et qui n'a point lieu pour l'atropine, est que l'action de la fève persiste malgré la présence d'une fistule de la chambre antérieure de l'œil.

L'action sur l'accommodation est indépendante de la contraction pupillaire, ainsi que le prouve une observation de de Græfe, faite sur un sujet manquant complétement d'iris.

Mode d'action. — Il est difficile dès aujourd'hui de déterminer d'une manière précise le mode d'action de la fève de Calabar : tout ce que l'on peut dire de sûr, est qu'elle agit sur les fibres circulaires de l'iris et non sur les fibres radiaires, et qu'elle fait contracter le muscle tenseur, tandis que l'atropine a une action contraire. Il y a donc évidemment *irritation* du nerf oculomoteur commun : cette irritation explique l'état spasmodique du muscle. Mais quelle est l'action sur les filets du sympathique? Ce n'est pas une paralysie, car il reste encore une certaine quantité d'accommodation. Nous savons que la section cervicale du sympathique amène la contraction de la pupille, mais en même temps (Voir Cl. Bernard. *Journal de Physiologie de Brown-Séquard*, 1862) une augmentation de vascularisation, de chaleur et de sensibilité du côté correspondant. J'ai recherché attentivement tous ces symptômes ; ni l'œil nu, ni l'ophthalmoscope ne démontre de vascularisation anormale, le globe de l'œil ne paraît ni enfoncé dans l'orbite, ni proéminent ; la température du côté calabarisé ne présente aucune différence appréciable avec l'autre côté, et quant à la douleur qui

a été notée dans certains cas, il ne paraît pas qu'il faille lui chercher une autre explication que celle de la présence du papier qui agit dans l'œil, comme tout corps étranger.

Nous ne pouvons donc admettre comme démontrée que l'action sur les nerfs ciliaires de l'oculomoteur, laissant à l'avenir la tâche de déterminer celle que peut exercer la fève de Calabar sur les fibres du grand sympathique.

MÉMOIRE

SUR

LE POIDS ATOMIQUE DU THORIUM

ET

SUR LA FORMULE DE LA THORINE

PAR

M. MARC DELAFONTAINE.

AVEC UNE NOTICE CRISTALLOGRAPHIQUE PAR M. MARIGNAC.

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 5 novembre 1863.)

Lorsque Berzélius étudia le thorium, en 1829, il assigna à ce corps le poids atomique 745, moyenne de trois analyses des sulfates thorique et thorico-potassique qui lui avaient donné

751,3 — 741,73. — 749,66. — 736,86 [1].

Comme on le voit, ces nombres concordent peu, et, depuis lors, aucun chimiste, à ma connaissance du moins, n'a cherché à les fixer d'une manière plus précise ; il m'a donc paru intéressant d'entreprendre de nouvelles

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome XLIII, p. 20. Si l'on calcule les données des expériences de Berzélius avec les poids atomiques actuels du soufre, du baryum et du potassium, la moyenne descend à 741, 3.

recherches sur ce sujet: c'est le résultat de ces recherches qui fait l'objet du présent mémoire.

La thorine sur laquelle j'ai opéré a été retirée de deux échantillons, l'un d'orangite d'Aroë fourni par M. Sæmann, à Paris, l'autre de thorite entièrement semblable à celle que Berzélius avait traitée; elle avait été recueillie à Lövôn, en 1841, par M. Esmarck en compagnie de M. Plantamour, qui s'est empressé de me la donner pour me faciliter la comparaison de l'oxyde qu'elle renferme avec celui qui fait la base de l'orangite.

Comme M. Damour et M. Berlin, j'ai pu constater l'identité de la thorine et de la donarine de M. Bergemann: leurs poids atomiques, tout comme leurs propriétés, sont exactement les mêmes.

Le mode d'extraction que j'ai suivi diffère de ceux que l'on trouve indiqués dans les traités de chimie; je lui ai donné la préférence à cause de la facilité avec laquelle il permet d'obtenir un produit très-pur. C'est celui que M. Marignac a proposé pour le traitement de la cérite[1]; il m'était déjà familier par suite de recherches inédites sur le lanthane. Voici comment j'opérais :

Le minéral, réduit en poudre fine dans un mortier d'Abich, était humecté d'eau et mélangé avec de l'acide sulfurique concentré en quantité suffisante pour former une pâte semi-fluide. Il se produisait spontanément une élévation de température suffisante pour vaporiser une grande partie de l'acide en excès. La masse sèche qui restait était chauffée à 4 ou 500° environ, aussi longtemps qu'il se produisait des fumées acides; projetée par petites portions, après le refroidissement, dans de l'eau

[1] *Ann. de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXVII, p. 209 et suivantes.

maintenue froide et continuellement agitée, elle cédait à celle-ci tous ses sels solubles. La dissolution filtrée, concentrée et chauffée à 100° sur un bain marie, laissait déposer un précipité de sulfate thorique peu soluble dans l'eau chaude; ce précipité redissous à froid et cristallisé de nouveau à chaud, était considéré comme pur quand il laissait par la calcination une terre parfaitement blanche. Les eaux-mères de toutes ces cristallisations, traitées par le sulfate de potasse, abandonnaient sous forme de sel double la petite quantité de thorine qu'elles contenaient encore.

Le sulfate thorique obtenu comme il vient d'être dit, est lourd, blanc, caséiforme ; il se compose d'une multitude d'aiguilles excessivement petites qui se feutrent et lui donnent l'aspect de l'émail : je ne lui ai jamais vu prendre la forme de grains cristallins comme les sulfates céreux et lanthanique le font dans la même circonstance. Si on l'abandonne dans une capsule avec une très-petite quantité d'eau, insuffisante pour le redissoudre totalement, il se transforme au bout d'un jour ou deux en cristaux limpides, incolores, atteignant jusqu'à trois millimètres de longueur, qui ont la forme de prismes aplatis à 6 ou 8 faces, avec pointement. M. Marignac, dont la bienveillante obligeance ne m'a jamais fait défaut, a bien voulu en faire l'examen cristallographique et me remettre sur ce sujet la note suivante :

« Sulfate de thorine :

« Ce sel cristallise en prisme rhomboïdal oblique. Les cristaux sont composés d'un prisme obtus M, tronqué sur ses arêtes obtuses par les faces A et sur les arêtes aiguës par les faces latérales E. Ils se terminent par la base oblique P, et par une série de facettes *e*, $e^{1}/_{6}$, $e^{1}/_{8}$ com-

prises entre la base et les faces latérales. Ils sont fréquemment mâclés parallèlement aux faces A.

« Ces cristaux sont limpides et éclatants, mais les faces du sommet sont striées, en sorte que la plupart des angles ne peuvent être mesurés qu'approximativement.

	Calculé :	*Observé :* (Marignac)	*Observé :* (Nordenskiœld)
M : M.	119° 0′	* 119° 0′	
A : M.	149°30′	149°30′	149°33′
E : M.	120°30′	120°30′	* 120°35′
P : A.	98°20′	* 98°20′	
P : M.	97° 6		
e : e	111°44′	* 111°44′	
P : e	124° 8′	124°10′	
P : $e^1/_6$	96°27′	96°30′	
P : $e^1/_8$	94°51	94°30′	
A : e	96°54	97° 5′	96°51′ [1]
M : e	112°51′	113°10	
M : $e^1/_6$	100°27′	101° 0′	

Berzélius représente par ThO,SO^3, 2 aq. le sel obtenu de sa dissolution bouillante et par ThO,SO^3+5 aq. celui qui a cristallisé à froid, avec les compositions centésimales suivantes :

Th O.	53.704	Th O.	44.193
SO^3.	31.928	SO^3.	26.275
2 aq	14.368	5 aq.	29.532
	100.		100.

Comme on le verra tout à l'heure, mes analyses ne

[1] Les angles donnés dans cette dernière colonne sont extraits d'un mémoire dont il sera question plus loin.

s'accordent pas avec ces nombres, et je proposerai le changement de ces formules.

Je passe maintenant à la détermination du poids atomique. C'est le sulfate précipité et séché à 100° qui m'a servi pour cela ; ce produit avait été purifié par un grand nombre de cristallisations à chaud, jusqu'à ce que la portion qui restait dissoute offrît exactement la composition de celle qui s'était déposée. Je me suis assuré que l'acide peut en être expulsé complétement par une simple calcination sur une forte lampe à double courant; de plus, il n'attire pas l'humidité atmosphérique: en effet, on peut le conserver à l'air libre, dans un creuset ouvert, sans qu'il augmente de poids, même au bout de trois semaines. Le sulfate cristallisé à froid se décompose également bien par la chaleur, mais il a une grande tendance à s'effleurir. La thorine obtenue par la calcination du premier de ces sels est une terre blanche, légère, semblable à de la magnésie; l'autre, beaucoup plus condensée, forme une poudre cohérente, rude et pesante.

Dans mes expériences, j'ai desséché avec beaucoup de soin, à 400 ou 450° environ, le sulfate à analyser, non sans m'être assuré qu'après cette opération il se redissolvait intégralement dans l'eau froide. La quantité d'eau perdue s'est élevée à 15,80 — 15,66 — 15.59 pour cent; le résidu anhydre calciné au rouge vif jusqu'à ce que son poids demeurât constant laissait de la thorine dont la quantité servait à calculer le poids atomique.

I. 0.869	ont donné	0.541	de thorine.	Poids atomique :	824.7.
II. 1.167	»	0.726	»	»	823.1.
III. 1.116	»	0.694	»	»	822.3.
				Moyenne...	823.3.

L'écart que cette moyenne présente avec le nombre 841.3 trouvé par Berzélius m'a engagé à contrôler mes résultats par d'autres expériences. J'ai fait encore 11 dosages de la thorine, dont 4 par précipitation, et 3 dosages de l'acide sulfurique; la quantité de thorine s'est constamment trouvée plus faible que ne le veut la formule de Berzélius. Dans les opérations par la voie humide, le sel était dissous dans l'eau et la base précipitée au moyen de l'oxalate ammonique; l'oxalate thorique obtenu était ensuite calciné jusqu'à destruction complète. La proportion d'acide n'a point été déterminée en précipitant le sulfate de thorine par le chlorure de baryum; en effet, ce procédé est entaché d'une cause d'erreur, signalée autrefois par M. Marignac dans ses recherches sur le didyme, et qui consiste dans la propriété que possède le sulfate barytique d'entraîner en se précipitant et de retenir très-fortement une petite quantité du sel dans lequel il a pris naissance; il en résulte naturellement une augmentation correspondante dans la quantité d'acide sulfurique. Pour éviter cette cause d'erreur, il m'a paru préférable d'éliminer d'abord la thorine sous forme d'oxalate et de précipiter ensuite la liqueur filtrée par du chlorure barytique aiguisé d'acide chlorhydrique.

Le tableau suivant résume toutes mes analyses, en y comprenant les trois dont le détail précède:

Sel (desséché à 100°)		Thorine.	100es.	
I.	1.031	0.541	52.47	Par calcination.
II.	1.382	0.726	52.49	
III.	1.322	0.694	52.53	
IV.	0.364 (de la thorite de Lovœn)	0.1897	52.13	
V.	0.364 (de l'orangite)	0.1898	52.13	
VI.	0.185	0.097	52.43	
VII.	0.289	0.162	52.60	
VIII.	0.208	0.109	52.40	
IX.	0.236	0.125	52.96	
X.	1.524	0.805	52.82	
XI.	0.455	0.239	52.52	Par précipitation.
XII.	0.547	0.289	52.83	
XIII.	0.734	0.387	52.72	
XIV.	0.516	0.269	52.13	
		Moyenne...	52.51	

Acide SO^3.

I.	1.2425	0.400	32.19
II.	1.138	0.366	32.16
III.	0.734	0.2306	31.41
		Moyenne...	31.92

Si l'on calcule le poids atomique à l'aide des deux moyennes ci-dessus, on le trouve = 822. 5, ce qui s'accorde bien, on le voit, avec celui qui a été déduit plus haut. En retranchant de 100 les deux mêmes moyennes, il reste 15. 57 pour l'eau, nombre qui se confond avec les résultats de l'expérience.

J'ai aussi cherché à établir la composition du sulfate thorique le plus hydraté.

I. 0. 885, chauffés pendant une heure à la plus forte chaleur d'un fourneau à réverbère, ont laissé 0. 399 de thorine, soit 45. 08 p. cent.

II. 0. 363 ont perdu, à 450°, 0. 098 ou 27 pour cent d'eau et laissé 0. 163 ou 44. 90 pour cent de thorine.

III. 0. 952 ont perdu, à 100°, 0. 162 ou 17. 01 pour cent, et 0. 250 ou 26. 26 p. cent d'eau. à 450°. Thorine : 0. 429 soit 45. 06 p. cent.

IV. 1.097 ont donné, de la même manière, 0. 183 (=16. 95 p. %) et 0. 294 (= 26.80 p. %) d'eau et 0. 496 ou 45. 21 p. % de thorine.

	I.	II.	III.	IV.	Moyennes.
Thorine..	45,08. —	44,90. —	45,06. —	45,21. —	45,06.
Eau.....		27. —	26,26. —	26,80. —	26,68.

Il résulte des analyses qui sont consignées dans ce mémoire, que le rapport entre l'oxygène de la base et celui de l'eau, dans les deux sels, est comme 6,36 : 13,85 ou 1 : 2 ¼ pour le premier, et comme 5,45 : 23.71 ou 1 : 4 ½ pour le second. Cela conduit, en supposant la base un protoxyde, aux formules peu probables $(ThO,SO^3)^4$ + 9 aq et $(ThO,SO^3)^2$ + 9 aq. Il n'a jamais été démontré que la thorine contient un atome d'oxygène seulement ; Berzélius l'a regardé comme probable, parce que dans le sulfate thorico-potassique l'acide sulfurique se partage également entre les deux bases ; mais il en serait encore ainsi si l'on représentait ce sel par ThO^2, $_2SO^3 + _2(K^2O,SO^3)$ au lieu de $ThO,SO^3 + K^2O.\ SO^3$.

Il y a deux ans, MM. Nordenskiöld et Chydenius ont annoncé que la thorine cristallise, par voie sèche, sous la forme et avec une incidence des acides stannique et titanique[1]. Ce fait semble démontrer que l'oxyde de thorium, tout comme la zircone avec laquelle il présente

[1] *Poggendorf's Annalen*, etc., t. CX, p. 642 ou Répert. chimie pure, 1861, p. 118.

tant d'analogies, est composé d'un atome de métal uni à deux atomes d'oxygène. Mes analyses des sulfates de thorine sont représentées, dans cette supposition, par des formules beaucoup plus simples; en effet, celles-ci deviennent, en adoptant 1646. 6 pour la thorine (ThO^2):

$$(Th\,O^2,\ {}_2SO^3)^2 + 9\ aq.\ \text{et}\ ThO^2,\ {}_2SO^3 + 9\ aq.$$

A la vérité, l'eau de la première est encore représentée par un nombre fractionnaire; mais ce n'est pas un fait sans exemple, car les sulfates uranique, cadmique, yttrique et didymique cristallisent l'un avec $^7/_2$ aq. et les autres avec $^8/_3$.

En résumé, le signe ThO^2, affecté à la thorine, me paraît devoir être préféré comme rendant mieux compte des nombreuses analogies de cette base avec la zircone, expliquant son isomorphisme avec le groupe formé par le zircon, le rutile et l'étain oxydé, et permettant de formuler d'une manière plus simple ses deux composés les mieux connus. Dans ce cas, le poids de son atome, tel qu'il résulte de mes recherches, serait de 1646,6 (O=100) ou 263. 5 en le rapportant au poids atomique de l'hydrogène (O=16), et celui du thorium deviendrait 1446,6 ou 231,5. La composition centésimale du sulfate simple s'accorderait aussi bien qu'on peut le désirer avec les résultats de l'expérience:

		Calculé.	*Trouvé.*		*Calculé.*	*Trouvé.*
$Th\,O^2$	1646.6	52.22	52.51	$Th\,O^2$ . . .	45.00	45.06
$2\,SO^3$	1000	31.75	31.92	$2\,SO^3$.	27.33	
$4^1/_2H^2O$	506.3	16.05	15 68	$9\,H^2O$. . . .	27.67	26.68[1]
		100.			100.	

[1] Cette moyenne s'écarte de 1 pour cent environ, du nombre calculé; n'ayant pas l'intention de faire servir les analyses du sel

Je ne terminerai pas sans témoigner ici ma profonde reconnaissance pour la libéralité avec laquelle M. Plantamour a bien voulu rétablir son beau laboratoire et me le confier, afin de faciliter ma carrière scientifique, et aussi pour l'empressement qu'il a toujours mis à m'aider des conseils de sa longue expérience.

Genève, mi-octobre 1863.

Les pages qui précèdent étaient déjà entre les mains du comité de rédaction des *Archives* quand j'ai eu connaissance d'un travail publié, par extrait, dans les *Annales de Poggendorf,* sous le titre de *Recherches sur la thorine et ses composés par J.-J. Chydenius*[1]. — Dans ce que nos recherches ont eu de commun, les résultats de l'auteur ne s'accordent, malheureusement, avec les miens que sur un seul point : la formule du sulfate de thorine cristallisé à froid. Voici les remarques qui m'ont été suggérées par la lecture du mémoire de M. Chydenius ; elles portent seulement sur les parties où nous sommes en désaccord.

1° L'auteur annonce que le sulfate thorique contient $1\,^1/_2$ atome d'eau (quelquefois même 1 seulement) et qu'il perd toute cette eau à 235° environ. Je n'ai jamais observé, dans le cours d'une vingtaine de préparations, la formation de deux produits à des degrés d'hydratation différents. Le sulfate s'est toujours présenté avec la composition que je lui ai trouvée plus haut. Quant à la tem-

à 9 aq. à la détermination du poids atomique, je me suis appliqué seulement à un dosage exact de la base, sans apporter autant de soins à celui de l'eau ; je ferai remarquer, cependant, que d'après mon journal, l'expérience la mieux faite est précisément celle qui a donné 27 p. °/₀ d'eau.

[1] *Poggendorf's Annalen*, t. CXIX, p. 43 (juin 1863).

pérature à laquelle l'expulsion de l'eau est totale, mes expériences lui assignent un point beaucoup plus élevé que celui de la fusion de l'étain. En effet, une certaine quantité de ce sel, chauffée pendant 6 heures, à 185° au bain d'huile, puis pendant quarante minutes à 265° contenait encore plus de 6 p. cent d'eau (thorine 58. 44 et acide sulfurique 35. 05, déterminés directement). Cette quantité correspond précisément à $^3/_4$ d'atome qui, ajoutés 1 $^1/_2$ trouvé par M. Chydenius, font bien 2 $^1/_4$.

Le sulfate à 9 aq. perd, d'après l'auteur, 21 p. $^0/_0$ à 100°. Les dosages de Berzélius (17. 8) se rapprochent davantage des miens (17) qui sont trop faibles de 1 pour cent environ.

2° Cinq séries d'expériences avec un maximum de 861 et un minimum de 814, ont conduit M. Chydenius à admettre la moyenne 840. 5 pour l'équivalent de la thorine. Les sels qui ont servi à établir ces nombres sont l'acétate, le formiate, l'oxalate, le sulfate de thorine et le sulfate thorico-potassique. Quant à ce qui concerne les deux premiers, la thorine est une base si faible et les acides formique et acétique sont si volatils que l'on peut toujours craindre la perte d'une petite quantité de ces derniers par la dessiccation à 100°. De plus, l'acétate est insoluble et le formiate se décompose même dans l'eau froide, on ne peut donc guère les purifier par des cristallisations répétées.

L'oxalate laisse, *par la calcination*, 59. 40 p. cent de terre, moyenne de 6 opérations dont deux sont dues à M. Berlin ; on en retire 823. 1 pour l'équivalent de la thorine. Ce nombre se confond avec les miens, mais il s'écarte beaucoup de celui qui est déduit des analyses du sulfate (841. 8). La différence doit probablement être

attribuée au procédé suivi pour analyser ce dernier sel. Mes premières expériences étaient entièrement calquées sur celles de Berzélius : le sulfate de thorine précipité par la potasse caustique laissait déposer sa base dont le poids comparé à celui de l'acide sulfurique obtenu en traitant la liqueur filtrée par le chlorure de baryum, donnait le poids atomique cherché. Malgré le soin apporté aux lavages, la proportion de thorine variait entre 53 et 55 p. cent ; les deux seuls essais dont j'aie gardé note indiquent 53,4 et 54,4 ; c'est pour cela que j'ai donné la préférence aux résultats fournis par la calcination du sulfate. L'hydrate thorique est gélatineux, mais au lieu de rester longtemps en suspension dans l'eau, il tombe facilement au fond du vase ; une fois jeté sur le filtre il s'y crevasse très-vite, souvent même avant que toute l'eau se soit écoulée : le lavage en est rendu d'autant moins certain.

3° Quoique M. Chydenius ait établi l'isomorphisme de la thorine avec les oxydes à deux atomes d'oxygène, il conserve, après discussion, la formule ThO adoptée par Berzélius. Aux arguments que j'ai donnés plus haut en faveur de l'autre manière de voir, s'en ajoute un nouveau tiré de la composition des fluorures thorico-potassiques. Dans ces deux corps, le rapport entre le fluor combiné au potassium et celui qui neutralise le thorium, est comme 1 : 2 et 1 : 4 ; exactement comme dans les fluozirconates de potassium décrits par M. Marignac[1] ; les formules atomiques deviennent alors : $2\,(KFl) + (ThFl^4) + 4$ aq et $2\,(KFl) + 2\,(ThFl^4) +$ aq, au lieu de : $(KFl) + (ThFl^2) + 4$ aq et $(KFl) + 2\,(ThFl^2) +$ aq.

5 novembre 1863.

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LX, p. 12 et 16.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

M. Balfour Stewart. Sur le rayonnement et l'absorption des gaz. (*Philosophical Magazine*, septembre 1863.)

L'auteur, envisageant le sujet sous un point de vue différent de M. Tyndall, fait remarquer qu'il paraît maintenant établi que les spectres des gaz conservent, pour la plupart, le même type ou caractère à des températures très-différentes. On sait qu'il en est ainsi de la vapeur de sodium, qui absorbe constamment la double ligne D ; on sait aussi que la raie verte qui caractérise le thallium est toujours très-apparente dans le spectre de ce métal, quoique à une température très-élevée d'autres raies beaucoup moins brillantes y deviennent aussi visibles. Il semblerait résulter de ce fait, joint à la considération, que le pouvoir absorbant d'un corps pour toute espèce de chaleur est en raison de son pouvoir rayonnant, que pour plusieurs gaz et vapeurs, une proportion sensible ou même notable de l'espèce de chaleur absorbée est celle qui correspond à un petit nombre d'ondulations définies et de longueurs différentes. Supposons, pour prendre un cas particulier, que l'on veuille déterminer le pouvoir absorbant de la vapeur de sodium pour l'espèce de chaleur qui correspond à la portion du spectre située autour de la ligne double D : si le spectre est continu, il est certain que la vapeur de sodium choisira les deux rayons qui forment la ligne double ci-dessus, et les absorbera promptement, tout en laissant passer le reste de la chaleur. Une petite quantité de vapeur de sodium suffirait pour produire cet effet, et une grande quantité n'en produirait pas davantage ;

une couche de vapeur de l'épaisseur d'un pied, par exemple, n'absorbera peut-être pas sensiblement plus qu'une couche d'un pouce. Il en résulte que, si l'on veut constater le pouvoir absorbant de la vapeur de sodium, il ne convient pas de comparer une couche d'un pied de vapeur avec une couche d'un pouce, mais bien un pied ou un pouce de vapeur avec une absence totale de celle-ci. Le même raisonnement peut s'appliquer, suivant l'auteur, à toute espèce de gaz et de vapeurs; dans aucun cas, le pouvoir absorbant d'un gaz pour la chaleur rayonnante ne peut être considéré comme déterminé, jusqu'à ce que le gaz, interposé en façon d'écran entre la source calorifique et l'appareil qui mesure la radiation, ait été comparé avec ce qui a lieu lors d'une absence complète de toute espèce de gaz; ou, tout au moins, jusqu'à ce que le gaz en question ait atteint ce degré de ténuité auquel une augmentation dans la quantité de gaz produit un accroissement dans l'absorption.

L'auteur remarque qu'il doit probablement exister une relation, dont nous ignorons la nature, entre l'espèce de chaleur émise par les gaz et par les vapeurs et les « points d'ébullition » des liquides dont ils dérivent. Pour pousser son hypothèse à l'extrême, l'auteur suppose que la vapeur de sodium n'émet pas de chaleur d'une réfrangibilité moindre que la ligne double D. Si en même temps on suppose que de la chaleur douée de ce degré de réfrangibilité manque complétement à de basses températures, il en résulte comme conséquence que la vapeur de sodium ne peut exister à ces températures. Et même en regardant ces suppositions comme inadmissibles, on ne peut cependant nier qu'elles suggèrent à l'esprit la probabilité d'une relation de l'espèce indiquée ci-dessus, et nous conduisent à reconnaître que ceux d'entre les gaz qui émettent de la chaleur à un haut degré de réfrangibilité, doivent appartenir à des substances dont les « points d'ébullition » sont à une haute température. Or, de toutes les substances connues, ce sont bien certainement l'oxygène, l'hydrogène et l'azote dont les points d'ébullition sont les moins élevés, puis-

que ces gaz n'ont pas pu même être liquéfiés, de sorte que, conformément à l'hypothèse ci-dessus, nous devrions assimiler l'espèce de chaleur émise par ces gaz à celle qui appartient à une température extrêmement basse, ou en d'autres termes, à de la chaleur de très-faible réfrangibilité ou à très-longues ondulations. L'auteur n'a pas la prétention de regarder son hypothèse comme démontrée, mais il est persuadé cependant qu'une relation de cette nature existe. Il en serait de même de l'espèce de chaleur émise et absorbée par le sel gemme, que l'auteur a cherché ailleurs à montrer être de la chaleur à ondulations très-allongées[1]. Cette chaleur peut donc bien être analogue à celle qu'il a supposé être émise et absorbée par les trois gaz permanents, et qui, conformément à l'hypothèse ci-dessus, est probablement de la chaleur à longue ondulation.

Il est encore à remarquer que toutes les fois qu'on se sert d'eau bouillante comme source de chaleur, et que les autres parties de l'appareil sont à une température inférieure, 16° cent., par exemple, la chaleur sur laquelle on opère n'est pas celle émise par l'eau bouillante, mais bien celle provenant de 100° *moins* la chaleur émise par 16°. Or, puisqu'il est constant que la longueur moyenne de l'ondulation de la chaleur émise diminue au fur et à mesure que la température croît, il en résulte que l'espèce de chaleur émise par 100° *moins* celle émise par 16°, est en moyenne à ondulations moins longues que ne l'est la totalité de la chaleur émise par 100°. On peut même affirmer que nous séparons ainsi de la chaleur totale, émise par l'eau bouillante, la portion dont les ondulations sont les moins longues, ou, ce qui revient au même, dont la réfrangibilité est la plus grande, et que c'est sur cette portion que roulent nos expériences.

Voyons maintenant de quelle façon il faudra envisager l'air atmosphérique. en se servant d'un appareil dans lequel la source de chaleur est de l'eau bouillante. Nous supposons le tube vide

[1] Voyez *Transactions de la Société Royale d'Édimbourg*, vol. 22, partie 1re.

fermé par des disques de sel gemme, et une absence complète d'air atmosphérique, sauf celui sur lequel va porter l'expérience. Dans ce cas :

1° Si l'on admet que la chaleur émise et absorbée par l'air atmosphérique est de la chaleur douée d'une très-faible réfrangibilité, il en résulte évidemment que la radiation et l'absorption totale de cet air subira une augmentation moindre, lorsque sa température s'élèvera de 16° à 100°, que s'il s'agissait d'un gaz d'une grande réfrangibilité ; et cela, parce que les rayons de chaleur entre 16° et 100° sont comparativement très-réfrangibles, et que nous savons que le pouvoir rayonnant et absorbant de l'air atmosphérique pour ces rayons est extrêmement faible.

2° Sans doute une portion de la chaleur émise est arrêtée par le disque de sel gemme, mais il se peut aussi que plusieurs de ces rayons de chaleur soient de même espèce que ceux qu'intercepte l'air atmosphérique. Dans ce cas le sel gemme servirait, pour ainsi dire, à tamiser la chaleur rayonnante et à la réduire à cet état dans lequel elle n'est plus absorbée dans son passage à travers l'air.

En résumé, et en admettant l'hypothèse ci-dessus comme probable, l'auteur en conclut que le procédé employé ne peut être considéré comme propre à démontrer le pouvoir absorbant de l'air atmosphérique, puisqu'il a pour résultat apparent de diminuer cette propriété.

M. Stewart examine ensuite jusqu'à quel point la radiation de la vapeur peut être influencée par l'emploi du procédé dont nous venons de parler. D'après l'hypothèse, la chaleur émise et absorbée par de la vapeur aqueuse est celle qui est douée d'un degré de réfrangibilité comparativement élevé. Il en résulte qu'une portion considérable de cette chaleur sera comprise dans celle qui est émise entre 16° et 100°, laquelle n'est point interceptée par le sel gemme. Dans ce cas, le résultat du procédé employé sera d'augmenter en apparence le rayonnement de la vapeur aqueuse, de même que le rayonnement de plusieurs des vapeurs dont les points d'ébullition sont élevés.

Supposons enfin qu'on introduise dans le tube vide un mélange d'air et d'une vapeur ayant un haut point d'ébullition; dans ce cas il est évident que, grâce au procédé employé, l'air n'absorbera que peu ou point de chaleur, tandis que la vapeur en absorbera beaucoup, et on obtiendra pour résultat que l'air, *plus* la vapeur, paraîtra beaucoup plus athermane que l'air considéré seul.

L'auteur, par suite des considérations qui précèdent, n'est pas disposé à admettre que les résultats obtenus jusqu'ici sur le rayonnement et l'absorption des gaz et des vapeurs, soient de nature à justifier suffisamment l hypothèse d'après laquelle les pouvoirs rayonnants et absorbants des corps simples seraient inférieurs aux pouvoirs correspondants chez les corps composés. Il reconnaît cependant qu'elles ne sont pas de nature à invalider les conclusions météorologiques si importantes de Tyndall, en ce qui concerne l'interception par la vapeur aqueuse d'une grande partie de la chaleur émise par la terre; et cela, parce que les rayons de chaleur absorbés par la vapeur d'eau paraissent être d'une espèce différente de ceux qui sont absorbés par l'air atmosphérique. Il n'est même pas impossible que, lorsque la quantité de vapeur aqueuse contenue dans l'atmosphère diminue beaucoup par suite d'un fort abaissement de température, la chaleur émise par la terre ne soit alors de nature à être interceptée par de l'air sec, lequel, dans ce cas, jouerait le rôle d'enveloppe ou d'écran pour empêcher la fuite de la chaleur terrestre, de la même manière que le fait la vapeur aqueuse à une température plus élevée.

Professeur MILLER, de King's College. NOTE SUR LE SPECTRE DU THALLIUM (*Philosophical Magazine*, septembre 1863).

On sait que le thallium, soumis à l'analyse spectrale, fournit un spectre d'une simplicité remarquable; savoir, une seule raie d'un vert très-éclatant. Les expériences suivantes ont eu pour but d'étudier l'effet d'un accroissement graduel de température

sur le spectre fourni par ce métal, et par les composés qui en dérivent.

Des fragments de thallium métallique et d'un alliage provenant de la fusion d'un grain de thallium sur l'extrémité d'un fil de platine, ayant été introduits successivement, d'abord dans la flamme du gaz hydrogène, puis dans celle d'un jet incandescent d'oxygène et d'hydrogène, on a remarqué à l'analyse spectrale que la raie verte du thallium est devenue toujours plus brillante au fur et à mesure que la température s'est accrue, mais sans qu'il se manifesta des raies nouvelles. Deux fragments d'un fil assez gros de thallium ayant été ensuite arrangés en façon d'électrodes au fil secondaire d'une bobine d'induction, on a remarqué qu'une succession non interrompue d'étincelles a pu être maintenue sans amener la fusion des fils métalliques, et même sans produire une oxydation rapide ou volatilisation du métal. La lumière de ces étincelles était cependant beaucoup plus blanche que de coutume. En les examinant dans le spectroscope, l'auteur a remarqué plusieurs raies nouvelles douées du caractère particulier qui distingue la plupart des raies métalliques; savoir, l'éclat beaucoup plus grand des extrémités que des parties centrales. Outre la raié ordinaire d'un vert brillant, il en a reconnu cinq autres; d'abord une raie pâle dans l'orange, puis deux raies d'un éclat à peu près égal dans le vert, et une troisième beaucoup plus pâle, ces trois raies étant à peu près équi-distantes; enfin une raie brillante bien définie dans le bleu. Toutes ces raies étaient d'un éclat beaucoup plus vif aux extrémités que dans les parties centrales.

L'auteur a ensuite soumis à l analyse spectrale l'étincelle d'induction du thallium produite dans un courant de gaz hydrogène. Dans ce cas, les raies qui caractérisent l'hydrogène sont devenues très-apparentes; plus spécialement la raie dans le rouge, et l'une des raies dans le bleu. Les raies nouvelles du thallium ont continué à se manifester, à l'exception de la plus pâle d'entre elles; toutes cependant avec une intensité moindre. Enfin une impression photographique du spectre du thallium a été obtenue sur le

collodium par le procédé décrit dans un mémoire précédent de l'auteur[1]. Ce spectre renfermait plusieurs groupes de raies très-distinctes, rappelant les traits qui caractérisent les spectres du cadmium et du zinc, et sous quelques rapports ceux du plomb

La façon remarquable dont un spectre aussi simple que l'est celui du thallium à la température ordinaire, se complique à des températures élevées, pourra servir peut-être à jeter quelque jour sur la cause physique des phénomènes de cette nature. Le thallium a été classé, comme on le sait, dans le groupe des métaux alcalins. Il est cependant à remarquer que les étincelles d'induction du potassium et du sodium soumises à l'analyse spectrale, n'ont pas donné lieu, comme le thallium, à des raies nouvelles, mais seulement à une lumière diffuse ; l'étincelle du lithium a produit un seul groupe de raies bien caractérisées. Ce caractère physique, ajouté aux caractères purement chimiques résultant de l'insolubilité du sulfite, du chromate et de l'iodure de thallium, et de la solubilité très-imparfaite du chlorure, du phosphate, de l'oxalate et du ferro-cyanure du même métal, ainsi que le fait de l'existence d'un oxyde basique puissant et d'un oxyde acide plus faible, tendrait à rapprocher chimiquement le thallium de l'argent et surtout du plomb, métal qu'il rappelle d'ailleurs d'une façon remarquable par sa densité, sa couleur et son apparence extérieure en général.

Il serait facile de montrer que sous d'autres rapports les propriétés du thallium présentent un contraste frappant avec celles des métaux alcalins. C'est ainsi, par exemple, que l'action chimique du lithium, du sodium, du potassium et du rubidium, croît dans l'ordre qui vient d'être indiqué, lequel est celui des équivalents de ces métaux. Le thallium est doué d'une action chimique beaucoup moindre, lors même que son équivalent est plus élevé que celui d'aucun des métaux que nous venons de citer. Il est facilement réductible de ses dissolutions par le zinc. L'oxyde de thallium, au lieu d'être très-déliquescent, comme le sont les oxy-

[1] Voyez *Archives*, t. XVII, p. 339, août 1863.

des de tous les autres métaux alcalins, ne change pas au contact de l'air ; il se forme, dans ce cas, sur la surface du métal une couche superficielle d'oxyde qui le met à l'abri de toute modification ultérieure, ainsi que cela a lieu pour le plomb et pour le zinc.

Les réactions chimiques du thallium paraissent rapprocher ce métal sous plusieurs rapports de l'argent. De même que pour l'argent, le poids atomique du thallium est double de celui de la série à laquelle appartient le plomb. Aussi M. Miller estime t-il que le thallium, malgré la différence de ses propriétés physiques, peut être regardé, sous le point de vue chimique, comme plus voisin de l'argent que de tout autre métal.

L. DE LA RIVE. CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX FONDUS (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, du 28 octobre 1863).

On doit à M. W. Thomson une nouvelle méthode de mesure de la conductibilité électrique. En employant une certaine disposition de conducteurs dont l'un seulement est le siége d'une force électromotrice, on fait dépendre l'intensité du courant dans le fil d'un galvanomètre du rapport des deux résistances électriques que l'on compare. Dans cette disposition, les deux extrémités du fil du galvanomètre aboutissent à deux points pris sur deux conducteurs du système, et ces points sont déterminés de façon à diviser dans un même rapport les résistances totales de ces deux conducteurs. Or, on fait voir que, si ce même rapport existe entre deux autres résistances du système qui sont d'une part la résistance inconnue et de l'autre celle qui sert d'unité, l'intensité du courant dans le galvanomètre est nulle. La méthode consiste donc à faire varier la résistance connue jusqu'à ce que le courant s'annule.

Le principe est le même que dans la méthode Wheatstone, que l'on peut en effet considérer comme résultant d'un cas particu-

lier de la disposition plus générale imaginée par M. Thomson. La complication assez grande de cette disposition de conducteurs doit faire préférer, en général, la méthode Wheatstone, mais celle-ci devient insuffisante lorsque les résistances à mesurer sont petites par rapport aux résistances accessoires, tandis que par la méthode Thomson la valeur absolue de l'inconnue est sans influence sur l'exactitude de la mesure. Cette différence s'explique par la remarque suivante Dans la méthode Wheatstone, l'équation par laquelle l'inconnue se trouve déterminée est

$$\frac{x + b}{a} = k,$$

où x est la résistance inconnue, b la résistance des conducteurs qui relient x au système, a la résistance étalon et k le rapport numérique dont la valeur résulte de la lecture du rhéostat. Lorsque x diminue par rapport à b, on voit que l'erreur relative de x augmente, celle de k restant constante. Dans la méthode Thomson, k est déterminé, c'est la valeur de a qui résulte de l'observation, et l'équation est :

$$\frac{x}{a} = k;$$

l'erreur relative de x est constante avec celle de a Les résistances provenant de contacts imparfaits sont aussi, dans la méthode Wheatstone, une cause d'erreurs d'autant plus notables que la valeur absolue de x est petite. Dans la méthode Thomson, on peut disposer les points de jonction des conducteurs de manière à faire porter ces résistances indéterminées, non plus sur x et sur a, mais sur les deux résistances dont le partage par le fil du galvanomètre détermine la valeur de k. Si l'on désigne par R et kR les deux parties dans lesquelles chacune de ces deux résistances se trouve divisée, on voit qu'en donnant à R une très-grande valeur les résistances de contact n'altèrent pas sensiblement le rapport

$$\frac{kR}{R}.$$

Enfin, une considération analogue rend encore préférable l'emploi de cette nouvelle méthode dans le cas où le conducteur dont on mesure la résistance est porté à une température élevée. En effet, les conducteurs qui le relient au reste du système s'échauffent nécessairement, et, dans l'équation

$$\frac{x + b}{a} = k$$

de la méthode Wheatstone, la quantité b est variable. Dans la méthode Thomson, en donnant à R et kR une grande valeur, la variation provenant du réchauffement des extrémités est insensible.

Les conditions expérimentales qui rendent la méthode Thomson supérieure à la méthode Wheatstone sont précisément celles où l'on se trouve lorsqu'on se propose de mesurer la conductibilité des métaux fondus. En effet, 1° la résistance inconnue est petite par rapport aux résistances accessoires, car d'une part une colonne de métal fondu ne peut être ni longue ni d'un diamètre étroit, et de l'autre il faut éloigner beaucoup le fourneau où s'opère la fusion de l'appareil de mesure ; 2° il y a des résistances de contact variables ; 3° le conducteur est à une température élevée. Les expériences que j'ai faites dans le laboratoire de chimie de l'École normale, sous la précieuse et bienveillante direction de M. Sainte-Claire Deville, sont de nature à montrer que la méthode convient à ce genre de recherches.

Appareils. — J'ai fait faire deux instruments spéciaux : un *rhéostat* et ce qu'on peut appeler un *compensateur*. Ces deux appareils sortent des ateliers de M. Froment. Le rhéostat se compose essentiellement d'un fil métallique tendu le long d'une règle divisée sur laquelle glissent deux chariots portant chacun une lame de platine qui s'appuie par son tranchant sur le fil. La partie du fil interceptée entre les deux lames constitue la résistance a, et, au moyen de la règle divisée, on la mesure à un dixième de millimètre près. Le compensateur sert à déterminer la valeur du rapport k. Cet appareil consiste en deux séries identiques de bo-

bines, formées d'un fil de maillechort de $0^{mm},17$ de diamètre offrant une grande résistance. Chaque série se compose de neuf bobines ; la première constitue la résistance R, et on peut, en additionnant les huit autres en plus ou moins grand nombre, former kR et donner à k toutes les valeurs entières de 1 à 50. Les deux appareils étaient installés dans une salle réservée aux instruments de précision. Un galvanomètre à très-long fil de Ruhmkorff provenant du cabinet de l'École de Médecine, qu'on avait bien voulu me prêter, était placé à 2 mètres environ du rhéostat, et l'on observait au moyen d'une lunette horizontale et d'un prisme à réflexion. Un levier-clef permettait d'établir momentanément le courant. Des fils isolés mettaient en communication le rhéostat, le compensateur et le galvanomètre, soit entre eux, soit avec la pile placée sous un hangar et composée de deux ou trois éléments Bunsen, soit enfin avec la résistance à mesurer installée dans un laboratoire à fourneaux. Pour recevoir les métaux fondus, j'ai employé des tubes en U en porcelaine de Bayeux de la fabrique de M. Gosse. Ces tubes ont une longueur de 25 centimètres et un diamètre intérieur de 5 millimètres ; leurs deux branches parallèles se terminent par des godets cylindriques de 2 centimètres de diamètre sur 4 de hauteur. Pour opérer la fusion des métaux et les maintenir à une température constante et connue, je me suis servi de bains de vapeurs d'après le procédé de MM. Sainte-Claire Deville et Troost dans leurs recherches sur les densités de vapeurs ; le tube était suspendu dans l'intérieur de la cornue où s'opérait la distillation. On a expérimenté avec le mercure, le soufre et le cadmium bouillants, c'est-à-dire aux températures de 358, 440 et 860 degrés.

Conductibilité d'un métal fondu. — On mesurait d'abord la résistance d'un tube plein de mercure, puis, ce tube étant disposé dans la cornue et rempli de métal, on mesurait la résistance pendant la distillation de la substance employée. Cette résistance se maintenait constante dans la vapeur de mercure, et aussi, quoique à un moindre degré, dans celle de cadmium ; mais la

densité du soufre est trop faible pour servir à maintenir à une température constante une masse métallique, et les résultats obtenus avec cette substance laissent une assez grande incertitude sous le rapport de la température. Une mesure résulte de la moyenne de deux observations différant l'une de l'autre par les positions relatives des deux séries de bobines du compensateur.

Changement de résistance dans le passage de l'état solide à l'état liquide. — On laissait refroidir la colonne métallique, et on faisait une série d'observations en notant les instants correspondants. On a pu ainsi tracer des courbes dont l'ordonnée est la résistance et l'abscisse le temps, et sur lesquelles le passage d'un état à l'autre se traduit par une branche presque verticale. Les résultats qu'on a déduits de ces courbes, en prenant les deux points où la courbure change pour déterminer les résistances au point de fusion, peuvent être considérés, à cause de la grandeur de la variation, comme en étant la mesure approchée.

Les métaux sont : *étain* (acide stannique réduit par le charbon), *plomb* (acétate de plomb calciné), *bismuth* (sous-nitrate de bismuth réduit par le charbon), *cadmium* (cadmium distillé), *zinc* (zinc distillé), *antimoine* (émétique calciné avec du nitre). Le mercure employé avait séjourné longtemps sous l'acide sulfurique. Les conductibilités sont rapportées à celle du mercure pur à 21 degrés.

	TEMPÉRATURE.		CONDUCTIBILITÉ.
Étain	358°	1re expérience	1,89
		2e expérience	1,88
		Moyenne	1,88
	860°	une expérience	1,42
	point de fusion.	État liquide	2,0
		État solide	4,4
Bismuth	358°	1re expérience	0,715
		2e expérience	0,697
		Moyenne	0,706
	860°	une expérience	0,596
	point de fusion.	État liquide	0,73
		État solide	0,43

	TEMPÉRATURE.		CONDUCTIBILITÉ.
Zinc	440°	une expérience	2,58
	point de fusion.	État liquide	2,6
		État solide	5,2
Plomb	358°	1re expérience	0,951
		2e expérience	0,966
		Moyenne	0,958
	860°	une expérience	0,771
	point de fusion.	État liquide	1,0
		État solide	1.9
Cadmium	440°	1re expérience	2,79
		2e expérience	2.46
		Moyenne	2,62
	point de fusion.	État liquide	2.8
		État solide	5,0
Antimoine	860°	1re expérience	0,790
		2e expérience	0,776
		Moyenne	0,783
	point de fusion.	État liquide	0,84
		État solide	0,59

On n'a pu fondre dans la vapeur de cadmium ni le zinc ni le cadmium à cause de l'oxydation.

Conclusions. — On a constaté pour l'étain, le plomb, le bismuth et l'antimoine, que la résistance augmente à partir du point de fusion jusqu'à la limite supérieure dont on disposait. L'augmentation totale correspondant à 500 degrés entre 358 et 860 degrés, divisée par la résistance à 358 degrés, est de 0,32 pour l'étain, de 0,24 pour le plomb et de 0,18 pour le bismuth, quantités notablement différentes et toutes plus petites que celle que l'on trouve pour le mercure en se servant de son coefficient connu.

Pour tous les métaux ci-dessus, il y a une variation brusque de résistance correspondant au changement d'état. Pour l'étain, le plomb, le cadmium et le zinc, la résistance augmente à peu près du simple au double, pour le bismuth et l'antimoine la va-

riation est inverse, et plus grande pour le bismuth que pour l'antimoine.

Observation du Rédacteur. — Le travail de M. L. de La Rive confirme, en l'étendant à plusieurs autres métaux fondus, ce que l'expérience avait déjà appris pour le mercure, savoir que l'élévation de température diminue la conductibilité électrique des métaux aussi bien quand ils sont à l'état liquide que lorsqu'ils sont à l'état solide. On sait que l'effet de la chaleur est précisément inverse lorsqu'il s'agit de liquides électrolytiques, ce qui montre que pour ces liquides leur degré plus ou moins grand de conductibilité est intimement lié avec la facilité plus ou moins prononcée qu'ils présentent à être décomposés.

Une autre conséquence intéressante des recherches de M. L. de la Rive est que la conductibilité plus grande que présentent en général les métaux quand ils sont à l'état solide, ne tient pas précisément à cet état, mais au rapprochement moléculaire qui en résulte, de telle façon que les métaux qui en se solidifiant augmentent de volume deviennent moins conducteurs. Tel est le cas du bismuth et de l'antimoine. — L'arrangement moléculaire influe donc notablement sur le pouvoir conducteur des corps quand ils sont à l'état solide.

Ce résultat semblerait confirmer l'idée mise en avant par M. A. de La Rive dans son *Traité d'électricité*, que la transmission de l'électricité s'opère dans les corps solides par une série de décharges qui ont lieu de molécules à molécules et qui formeraient comme une multitude de petits arcs voltaïques moléculaires. — La désagrégation qui accompagne dans les fils métalliques la transmission prolongée des décharges ou des courants électriques serait une conséquence naturelle de l'existence de ces arcs moléculaires. R.

CHIMIE.

J.-F. BAHR. UEBER.... SUR UN NOUVEL OXYDE MÉTALLIQUE. (*Poggendorff's Annalen*, t. CXIX, p. 572. — J. NICKLÈS. DE LA NON EXISTENCE DU WASIUM COMME CORPS SIMPLE. (*Comptes rendus, Acad. des Sc.*, t. LVII, p. 740.)

Les *Annales de Poggendorff* ont fait connaître, vers la fin de l'été, l'existence d'un nouveau corps, le *wasium*, appartenant au groupe des métaux terreux, découvert par M. Bahr dans l'orthite et la gadolinite des environs de Stockholm. Plus tard, M. Nicklès, se fondant sur les propriétés de l'yttria telles que les chimistes suédois les ont reconnues, a publié une note dans le but de démontrer l'identité du wasium avec l'yttrium impur.

Je ferai remarquer en passant que, d'une manière générale, les caractères sur lesquels M. Nicklès base son opinion étant, pour la plupart, communs aux terres proprement dites ne sauraient suffire pour établir la non existence d'un nouvel élément. En effet, les sels de cérium, de lanthane, de didyme, de thorine, etc., se comportent de la même manière avec l'acide oxalique, les oxalates alcalins, la potasse et le sulfate de potasse par exemple, sans que pourtant on puisse en conclure la non individualité de leurs bases. Mais, dans le cas particulier qui nous occupe, le wasium possède en outre des réactions en apparence toutes spéciales, et les chimistes qui n'ont pas eu l'occasion d'expérimenter sur les métaux de la cérite et de la gadolinite n'hésiteront guère à le comprendre au nombre des corps simples.

Ceci étant dit, je vais analyser le travail de M. Bahr, après quoi je ferai connaître plusieurs faits nouveaux desquels résulte, à mon avis, l'identité du wasium et du cérium.

L'auteur a extrait de l'orthite, sous forme d'oxalates, l'yttria, le didyme, le cérium et le wasium. Après une forte calcination, le mélange des oxydes a été dissous dans l'acide sulfurique et

la liqueur neutre traitée par l'hyposulfite de soude qui y a déterminé la production d'un dépôt insoluble composé essentiellement d'oxyde wasique. Redissous, transformé de nouveau en oxalate, puis calciné, celui-ci s'est présenté sous forme d'une terre blanche avec une teinte de rouge, qui est devenue une poudre rouge brun après une digestion dans l'acide nitrique suivie d'une nouvelle calcination. Cet oxyde est inattaquable par l'acide nitrique, mais il se combine facilement avec l'acide sulfurique. Pour le purifier complétement, M. Bahr l'a soumis à l'action du chlore et du charbon à une haute température; cette opération a fourni un sublimé blanc, regardé comme du chlorure thorique, tandis que l'excès de charbon contenait le chlorure de wasium non volatil qui en a été séparé par l'eau. L'auteur en a ensuite extrait l'oxyde à l'état de pureté.

Une propriété remarquable de cet oxyde est la suivante : traité par l'acide nitrique concentré, il paraît ne pas s'y dissoudre complétement, mais cependant, à mesure que la liqueur approche de l'état de siccité, elle devient lilas de plus en plus foncé pour former en fin de compte une masse gommeuse, fendillée, brun-rouge foncé. Si l'on reprend cette masse par l'eau, elle forme une solution blanche, opaline par transparence et d'une teinte brun clair par réflexion. *C'est un sel basique dans lequel l'addition de quelques gouttes d'acide azotique produit immédiatement un précipité blanc abondant, devenant jaune pâle par la dessication, et soluble dans l'eau pure.*

Il résulte donc de ce résumé que les propriétés caractéristiques du wasium sont de former :

1° Un chlorure anhydre fixe;

2° Un oxyde rouge-brun soluble, après calcination, seulement dans l'acide sulfurique;

3° Un sous-nitrate que l'acide azotique précipite de sa dissolution aqueuse;

4° Des sels précipitables par l'hyposulfite de soude.

Les chimistes le savent depuis longtemps; les deux premières

de ces propriétés appartiennent au cérium[1] ; je vais montrer maintenant que les deux dernières doivent aussi lui être attribuées.

M. Marignac a bien voulu me faire connaître un azotate-céroso-cérique, découvert par lui il y a une quinzaine d'années, qui présente tous les caractères assignés par M. Bahr au sel correspondant de wasium. Sa dissolution aqueuse abandonnée à l'évaporation spontanée se dessèche en formant une masse résiniforme, rouge foncé, fendillée en tous sens et intégralement soluble, mais non déliquescente ; si ce composé a été précipité au moyen de l'acide azotique il prend, après dessiccation, un aspect un peu différent ; c'est alors une poudre grossière, jaune pâle.

En suivant les indications de M. Marignac, j'ai reproduit facilement ce sel sous ces deux états. L'oxyde de cérium pur, calciné, ne s'attaque presque pas par l'acide nitrique, mais s'il renferme du didyme et qu'on l'ait obtenu par la destruction de l'oxalate céreux, la combinaison s'effectue assez bien. C'est pour quoi j'ai employé un oxyde extrait de la cérite, imparfaitement séparé du didyme et préparé comme il vient d'être dit ; la quantité pouvait peser une trentaine de grammes. Après avoir évaporé sur le bain de sable la dissolution nitrique et enlevé par l'eau l'excès de celui-ci, il est resté un abondant dépôt chocolat-clair qui a été redissous dans l'eau distillée ; le filtre a séparé une petite portion d'oxyde non attaqué. Dans une autre opération qui a donné des résultats identiques, j'avais employé 10 gr. d'oxyde de cérium retiré de la gadolinite.

L'acide azotique, l'hyposulfite de soude et le sulfate de potasse produisent dans ce nitrate des précipités dont le dernier est très-incomplétement soluble dans l'eau chaude.

En combinant avec l'acide sulfurique, comme on l'a vu plus haut, un mélange de bases calcinées, M. Bahr a obtenu un pro-

[1] A la vérité, l'oxyde céroso-cérique *pur* est jaune pâle, mais, pour peu qu'il renferme du didyme, sa couleur passe au rouge-brique.

duit dans lequel une partie au moins de cérium devait se trouver à l'état d'oxyde Ce^3O^4, ce qui explique sa précipitation par l'hyposulfite de soude ; une petite quantité de didyme peut très-bien avoir été entraînée en même temps.

L'ensemble des faits que je viens d'invoquer et auquel il serait facile d'ajouter plusieurs considérations à l'appui, me paraît suffisant pour justifier la réunion du wasium au cérium.

Néanmoins, le travail de M. Bahr aura mis un jour une anomalie curieuse, celle d'un sous-nitrate que la présence d'une proportion même faible d'acide nitrique rend insoluble dans l'eau.

M. Delafontaine.

PS. 70 grammes d'yttria parfaitement exempte de cérium n'ont présenté aucune trace de composés soi-disant wasiques; je n'en ai séparé que de l'erbine et de la terbine sur lesquelles j'espère avoir l'occasion de revenir plus tard.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

M. Fournet. Détails concernant l'orographie et la géologie de la partie des Alpes comprise entre la Suisse et le comté de Nice. (Mémoire présenté à l'Acad. des Sciences, etc., de Lyon, le 20 janvier 1865.)

Lorsque je lis un travail semblable à celui que j'ai sous les yeux, je ne puis m'empêcher d'admirer l'abondance des idées qui s'y entrechoquent ; beaucoup sont empruntées et donnent naissance à des rapprochements pour lesquels on désirerait des démonstrations plus complètes; d'autres sont originales et l'on voudrait également pour elles des développements plus positifs. Si les aperçus scientifiques sont utiles et présentent des avantages, ils ont aussi leurs inconvénients lorsqu'ils sont trop multipliés. La science réclame moins d'aperçus et plus de démonstrations. Le travail dont je m'occupe gagnerait encore si le nombre des

localités citées était diminué et qu'il y eût davantage de détails locaux accompagnés de coupes géologiques.

M. Fournet nous donne d'abord un précis des travaux topographiques exécutés dans les Alpes et parle des cartes auxquelles ils ont donné le jour. Il paie un juste tribut d'éloges à la carte de la Suisse exécutée sous la direction du général Dufour.

A la topographie sont liés les systèmes de soulèvements qui se distinguent les uns des autres par leurs directions ; ce sont pour M. Fournet les suivants : NO, N, NNE, NE, ENE, E, O18° N. Or sept directions diverses dans une chaîne comme celle des Alpes forment un nombre bien modéré; on pourrait, je pense, facilement en trouver d'autres encore.

Je n'insiste pas sur une des idées qui arrête quelques moments M. Fournet. Il démontre, à l'aide de hauteurs fort connues, que le col du Géant est peu élevé au-dessus du col des Montets; mais comme le premier de ces passages est dans la chaîne du Mont-Blanc et le second dans celle des Aiguilles Rouges, je trouve que l'auteur aurait pu choisir dans celle-ci un point plus élevé qui aurait fait paraître le col du Géant moins haut encore.

Je m'arrête un instant dans le creux ou fossé alpin qui, pour M. Fournet, remplace les Alpes hautes et centrales des littérateurs et des poëtes. Pour lui, ces Alpes ont disparu et il ne met à leur place qu'un grand fossé bordé d'un bourrelet montagneux du côté du sud, et d'un autre bourrelet du côté du nord. Je suis ce fossé et partant du massif du Saint-Gothard, je descends le Valais jusqu'à Martigny, là je suis forcé de faire de singuliers détours pour gagner le col Ferret, où le fond du fossé s'élève à 2536 mètres au-dessus de la mer ; par le revers méridional du Mont-Blanc, je gagne le col de la Seigne (2488 mètres), puis, en faisant de nombreux détours, je me dirige au bourg St-Maurice, à Moutiers, au col de la Madelaine, à Modane, au col du Galibier (2676 mètres), au Lautaret, a Briançon et à Mont-Dauphin. Avec cette manière d'envisager la topographie, on reconnaît *une complication atroce*, dit l'auteur, dans la partie où les Alpes se soudent

aux Apennins, et moi je trouve la complication déjà très-grande dans les Alpes elles-mêmes. « Abstraction faite, dit M. Fournet, de cette extrémité sud-est des Alpes, l'existence actuellement bien démontrée du fossé in-alpin efface l'excessive confusion que les géographes admettaient à l'égard des régions hydrographiques de la chaîne en se perdant dans le dédale des nombreuses *vallées longitudinales* de de Saussure, que compliquaient ses *vallées transversales* précédemment réunies sous le nom de *cluses*. Quant au fossé général, comme sa connaissance n'a pu être que le résultat de la combinaison orographique sur laquelle j'ai si fort insisté, son originalité devait, en effet, se trouver en contradiction avec les habitudes acquises d'après le partage ordinaire des eaux; mais tout s'explique du moment où l'on tient compte de l'état discontinu de l'une et de l'autre défense, du creux compris entre son escarpe ainsi que des levées qui le subdivisent. Il en résulte autant de concavités partielles dans lesquelles se jettent la foule de torrents qui s'y réunissent de manière à engendrer des rivières torrentielles. »

J'avoue que l'idée de ce fossé qui remplace les Alpes centrales ne me sourit guère, d'autant plus qu'il ne me semble pas tracé nettement. En en suivant le prétendu fond, j'ai été forcé de m'élever plusieurs fois très-haut après être descendu plusieurs fois très-bas, et j'ai fait bon nombre de détours. J'aurais été moins fatigué en traversant de Martigny à Chamonix et gagnant Mégève, Albertville et la vallée de l'Isère.

En passant en revue les terrains stratifiés, l'auteur fait le plus grand éloge des travaux de M. Élie de Beaumont et de M. Sismonda. Il y a peu de temps, il écrivait, en parlant des efforts que les géologues ont faits pour dévoiler la structure des Alpes, « l'accomplissement de la tâche exigeait non-seulement d'excellentes cartes géographiques, mais encore des bases géologiques suffisamment avancées. Ces dernières sont le produit des travaux de MM Élie de Beaumont et Sismonda [1]. » D'après cette phrase et

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences,* 1862, t. LV, p. 857.

d'après l'ensemble du travail, il semblerait que notre auteur adopte pour les terrains des Alpes la classification du savant français et du savant piémontais. Cependant je n'oserais l'affirmer.

Quoi qu'il en soit, je me suis déjà expliqué sur ce sujet[1]. Il est évident que ces deux savants ont chacun rendu d'importants services à la géologie des Alpes, mais une bonne partie des traits généraux qu'ils ont voulu poser pour la classification des terrains ne sont pas ceux adoptés maintenant. Dans cette revue historique que nous est-il dit de deux autres cartes géologiques, représentant une portion notable des Alpes françaises. Écoutez, c'est M. Fournet qui parle : « Au surplus, on ne perdra pas de vue qu'à leurs cartes fondamentales (celle de M. Élie de Beaumont et celle de M. Sismonda) s'adjoignirent en 1858 et en 1862 les feuilles partielles de M. Favre, ainsi que de M. Lory, » voilà le fait, maintenant voici le jugement : « lesquelles, bien que toutes récentes, sont déjà sujettes à des modifications. » On ne peut refuser à M. Fournet les qualités de l'écrivain qui use d'un sage laconisme. Il veut sans doute établir une compensation fort naturelle avec les détails qu'il nous donne sur ses propres travaux, sur tout ce que la géologie des Alpes lui doit et sur toutes les courses qu'il a faites dans les montagnes. Il nous en donne le catalogue.

M. Fournet tâche de démontrer, comme plusieurs géologues ont essayé de le faire, la présence du terrain silurien dans les Alpes. Il parle peu du terrain houiller et je trouve là une grande lacune dans le coup d'œil historique qu'il trace. Il ne dit pas un mot de la longue discussion qui a eu lieu au sujet du terrain anthracifère des Alpes. Cependant son résultat est important. Son effet principal a été que la vérité de ce que Bakewell avait avancé en 1823, savoir l'identité du terrain anthracifère et du terrain houiller[2], n'a été reconnue que quarante ans plus tard[3] ; c'est un peu long.

[1] Explication de la carte géologique, etc. *Archives*, 1862, t. XV, p. 238.

[2] *Travels in Tarentaise*, t. II. p. 410.

[3] On peut placer la fin de cette discussion au mémoire de M. Heer, 1863. *Archives*. t. XVI. p. 177.

Quant au terrain triasique, l'auteur nous assure que c'est lui qui l'a découvert; mais il nous apprend en même temps, avec une grande franchise, que tout le monde ne juge pas la chose ainsi. Il est vrai que, toujours avec la même franchise, il qualifie de *lourde erreur historique* (p. 109) le jugement du savant distingué qui ne partage pas son opinion. M. Fournet nous paraît trop intéressé dans la discussion pour pouvoir la juger froidement. Puis il traite successivement des autres grandes formations alpines. Malheureusement pour lui, il est forcé de s'occuper quelque peu des fossiles, je dis malheureusement, car le savant lyonnais appartient à cette école géologique, assez peu nombreuse maintenant, qui semble avoir la paléontologie en horreur et qui se réjouit toutes les fois qu'un paléontologiste se trompe. Elle voudrait presque nous faire croire que la paléontologie peut être dans l'erreur, comme si une science n'est pas un tout dont les parties sont en harmonie et ne peuvent offrir aucune contradiction ni entre elles, ni avec les autres sciences.

En terminant l'étude des terrains stratifiés et pour expliquer les phénomènes du terrain erratique, M. Fournet ressuscite une hypothèse qui aura bien de la peine à revivre sous cette forme. Il croit que des courants, qu'il nomme *charroyeurs* de gros bloc, sortaient de bassins réservoirs, tels que les petits lacs des hautes montagnes auxquels s'ajoutaient les débâcles des lacs Majeur, d'Annecy, de Genève, etc., qui se combinaient avec la nappe d'eau de la Bresse, etc., etc., etc.

L'auteur termine par la description des roches cristallisées, dont on s'est souvent occupé. A. F.

Dr Ferd. de Hochstetter et Dr A. Petermann (*Geologisch-topographischer*) Atlas géologico-topographique de la Nouvelle-Zélande. Gotha, Justus Perthes, 1863.

La Nouvelle-Zélande, découverte en 1642 par Tasman, a été l'objet de beaucoup de travaux et d'explorations. On n'en possé-

dait toutefois que des cartes fort imparfaites, lorsqu'en 1848 l'Amirauté anglaise chargea le capitaine Stockes et le commandeur Byon Drury d'exécuter un relevé complet des côtes de ces îles. Ce travail dura 8 ans et eut pour résultat un atlas magnifique de 50 cartes, grand format, dont la dernière a paru en 1861. L'intérieur des terres était demeuré toutefois assez peu connu, et il ne faut pas oublier que la surface de la Nouvelle-Zélande égale presque celle des Iles Britanniques. M. de Hochstetter, qui faisait partie de l'expédition scientifique de la frégate autrichienne Novara, et M. Haast, maintenant fixé dans l'île du Sud, ont entrepris l'exploration de l'intérieur de ce vaste pays. M. de Hochstetter a déjà donné cette année un volume sur la Nouvelle-Zélande, et il vient de publier, avec la collaboration de M. Petermann, six cartes coloriées géologiquement, d'une belle exécution, et accompagnées d'explications sur la géologie et la topographie de l'Archipel. L'île du Nord a été spécialement étudiée, quatre cartes lui sont consacrées. Au centre est une chaîne de montagnes élevées qui s'étend sur toute la longueur de l'île. Elle est interrompue par le détroit de Cook et se continue avec des cimes de 13,000 pieds, des glaciers et des neiges éternelles jusqu'à l'extrémité de l'île du Sud. Dans l'île du Nord, des formations étendues de schistes argileux et de grès qui se rencontrent surtout dans le sud de la province d'Auckland sont rapportées à l'époque paléozoïque ; elles renferment des veines de quartz aurifère. Au-dessus sont des couches de grès et de bancs calcaires que M. de Hochstetter a pu étudier plus spécialement sur la côte ouest de l'île du Nord près du port Kawhia, et qu'il rapporte à l'époque jurassique, ou plus probablement à la période crétacée inférieure, peut-être néocomienne. Il y a rencontré des Bélemnites (*B. Aucklandicus*), une Ammonite (*A. Novo Scelandicus*, Hauer), un Inocérame (*I. Haasti*, Hochst.), etc. A l'époque tertiaire appartiennent des dépôts de lignites dont quelques-uns sont exploités, et des formations étendues de marnes, de grès, de calcaires marneux, renfermant beaucoup de fossiles, oursins, mollusques, Bryozoai-

res, dents de Lamna, etc. Pendant la période quaternaire, il se forma des dépôts nombreux, entre autres les terrasses remarquables du bassin du Waikato, provenant des érosions incessantes des cours d'eau pendant que le sol était lentement soulevé. C'est également à cette époque que furent formées les dunes de sable qui régnent tout le long de la côte ouest de l'île du Nord. Elle est très-peu découpée, et les dunes, souvent élevées de 4 à 600 pieds, interdisent presque entièrement à la mer l'accès des golfes, où elle ne peut pénétrer que par une étroite ouverture. Ce ne sont plus que des œstuaires presque entièrement à sec à la marée basse, où il ne reste que quelques canaux étroits et où de très-petits bâtiments peuvent seuls pénétrer. Le contraste est frappant entre cette côte si uniforme et la côte orientale bien plus déchirée qui présente de bons ports.

A la fin de l'époque tertiaire et pendant toute la période quaternaire, la Nouvelle-Zélande a été le théâtre des phénomènes volcaniques les plus remarqurbles. Depuis les temps historiques il n'y a pas eu d'éruption, et maintenant deux volcans seulement lancent encore dans les airs des tourbillons de fumée. L'isthme d'Auckland est en particulier favorable pour l'observation des formations volcaniques. On y rencontre un nombre vraiment extraordinaire de cônes d'éruption de 3 à 600 pieds, le plus souvent avec des cratères distincts, entourés de coulées de lave, et reposant sur des couches de grès et de marnes tertiaires. Il est probable que le sol s'est lentement soulevé depuis l'époque où commencèrent les éruptions. L'action volcanique produit maintenant encore, dans ces îles, des effets très-remarquables. La carte n° 5 représente à l'échelle de 1 à 12000 le Roto-Mahana ou lac d'eau chaude situé dans l'île du Nord à deux ou trois journées de la côte de la baie d'Abondance, et M. de Hochstetter en donne une description fort intéressante. Le sol tout autour est rempli de sources d'eau chaude, de solfatares, de volcans de boue, etc. Un travail souterrain incessant envoye continuellement dans les airs des nuages de vapeurs. La température de l'eau du lac varie sui-

vaut les endroits de 26 à 40° C. Aucun animal ne peut y vivre, ses bords seulement sont fréquentés par des légions d'oiseaux qui aiment à nicher sur ce sol toujours tiède. Au Nord, à 80 pieds au-dessus du niveau du lac, est un vaste bassin de 80 pieds de long et de 60 de large, rempli d'une eau limpide en état d'ébullition continuel, sa température au bord est de 84° C. ; des nuages de vapeurs tourbillonnent perpétuellement au-dessus de la surface. Cette eau est souvent violemment projetée par-dessus les bords du bassin, et comme elle est fortement chargée de silice, elle en a formé des dépôts considérables qui s'étendent jusqu'au lac en gradins d'une éclatante blancheur. Il paraît fort probable que bien des dépôts sidérolitiques dont l'origine est encore douteuse ont été formés d'une manière analogue. Au sud du lac est un autre bassin plus petit, dont l'eau bouillante est projetée par intervalles à 30 et 40 pieds de hauteur. Sur ce seul point on ne compte pas moins de 25 grandes sources d'eau bouillante et beaucoup de plus petites. Ces eaux ont une action énergique dans certaines maladies, et les naturels savent fort bien apprécier leur vertu.

L'île du Sud a été moins explorée, une seule carte est consacrée à la province de Nelson traversée par deux chaînes de montagnes, parties de la grande chaîne centrale. Le rameau qui longe la côte ouest est composé de roches cristallines et métamorphiques (granit, gneiss) contenant des filons aurifères dont l'exploitation devient très-importante. Le chaînon oriental est formé de roches sédimentaires, grès, schistes argileux, bancs calcaires, etc., renfermant très-peu de fossiles et probablement paléozoïques. Ces formations sont traversées par des filons de roches volcaniques qui peuvent se poursuivre sur une ligne non interrompue jusqu'à l'extrémité de l'île d'Urville. Entre les deux chaînes s'étalent des formations tertiaires et quaternaires. Ces montagnes, dont quelques-unes sont fort élevées (le Mont Franklin a 10,000 pieds), produisent des minérais de cuivre, de chrome, d'or, du graphite et de la houille de bonne qualité.

Les documents géologiques contenus dans le travail de M. de Hochstetter sont fort intéressants, mais malheureusement incomplets, car l'auteur ne donne pas de liste des fossiles qu'il a découverts. Les quelques espèces qu'il cite sont nouvelles, et par conséquent ne peuvent fournir aucun renseignement certain sur l'âge des couches qui les renferment. Il paraît du reste, d'après ce qu'on connaît de la faune et de la flore fossile de la Nouvelle-Zélande, qu'elles sont très-spéciales ; différentes considérations feraient croire que ces îles ont été, déjà dans les premiers âges de la terre, éloignées des grands continents. M. de Hochstetter annonce un travail étendu qui paraîtra plus tard sur la géologie de cet archipel, et on peut espérer que M. Haast qui continue ses recherches dans l'île du Sud sera conduit à de nouvelles découvertes.

ERRATA.

Page 81, ligne 8, *au lieu de* : trois molécules d'ozone, *lisez :* trois molécules d'oxygène.

La note commençant par les mots : « On sait, d'après les belles expériences de MM. H. Sainte Claire Deville et Troost, etc., » a été placée à tort au bas de la page 78. Elle est afférente à la page 81, ligne 12.

La note qui aurait dû se trouver au bas de la page 78 (afférente à la dernière ligne avant le tableau) doit être rétablie comme suit : « Dans la première de ces deux expériences, on n'a pas dosé l'o-« zone ; on en a apprécié la quantité d'après une analyse faite sur du « gaz préparé dans les mêmes conditions. »

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1863.

Le 1er, il a neigé sur les montagnes des environs, jusqu'à la hauteur du sommet du grand Salève.

2, première gelée blanche de l'automne, minimum + 0°,8.

3, il a neigé jusqu'à la hauteur du petit Salève.

6, gelée blanche, minimum + 1°,1.

18, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

20, brouillard tout le jour depuis 10 h. du matin.

21, le minimum descend pour la première fois au-dessous de 0, à − 0°,3 ; brouillard tout le jour.

24, brouillard le matin jusqu'à midi, et de nouveau dans la soirée.

25, brouillard tout le jour.

26, brouillard le matin jusqu'à midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er, à 10 h. matin...	727,18	Le 2, à midi 20 m. ..	717,74
5, à 10 h. matin...	739,65	9, à 6 h. matin .	720,11
10, à 8 et 10 h mat..	723,98	11, à 6 h. soir.....	711,95
20, à 10 h. matin ..	736,93	23, à 4 h. soir.....	728,06
26, à 10 h. matin..	736 65		

GENEVE. — Novembre 1863.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minimum.	Fract. de saturation Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim	o	o	o	o	mm.	mm.					mm.				o	o	pouces
1	726,11	— 0,09	+ 6,63	—0,30	+ 4,5	+12,0	6,49	+0,12	900	+ 51	860	910	6,9	10	variable	0,72	.	....	43,0
2	719,54	— 6,67	+ 6,94	+0,18	+ 0,8	+12,4	5,50	—0,79	737	—112	480	1000	0,5	2	SSO. 3	0,79	8,9	— 2,7	42,5
3	732,37	+ 6,16	+ 6,31	—0,28	+ 5,0	+ 8,9	5,04	—1,18	711	—139	620	790	1,6	3	SSO. 2	0,87	8,8	— 2,6	40,5
4	736,46	+10,24	+ 7,78	+1,36	+ 5,0	+12,5	6,99	+0,85	878	+ 28	790	940	1,2	3	SSO. 1	0,80	8,8	— 2,5	40,1
5	738,84	+12,61	+ 8,10	+1,85	+ 3,5	+13,9	6,78	+0,71	843	— 7	570	970	...	..	SSO. 1	0,66	8,8	— 2,4	40,5
6	736,72	+10,48	+ 6,08	0,00	+ 1,1	+11,0	6,06	+0,07	848	— 2	680	990	...	..	SSO. 1	0,48	8,2	— 2,8	40,5
7	734,11	+ 7,86	+ 7,64	+1,73	+ 1,5	+14,2	6,25	+0,33	791	— 59	590	1000	...	..	variable	0,57	11,8	+ 0,9	40,5
8	727,69	+ 1,43	+ 9,36	+3,62	+ 7,7	+12,5	7,06	+1,21	804	— 47	700	900	0,6	2	SSO. 1	0,74	...	.....	40,0
9	721,01	— 5,26	+ 7,88	+2,31	+ 6,5	+ 9,7	6,77	+0,99	855	+ 4	780	960	3,7	8	NNE. 2	0,91	11,9	+ 1,2	39,0
10	723,06	— 3,22	+ 6,51	+1,10	+ 4,9	+ 8,9	5,64	—0,07	786	— 65	710	870	...	..	SSO. 2	1,00	11,7	+ 1,2	38,0
11	716,72	— 9,58	+ 4,33	—0,92	+ 1,4	+ 8,1	4,68	—0,96	765	— 86	580	1000	3,1	4	SSO. 1	0,68	11,5	+ 1,1	37,0
12	716,57	— 9,75	+ 4,42	—0,67	+ 1,4	+ 6,1	4,93	—0,65	782	— 69	700	930	..	..	N. 3	0,84	11,2	+ 0,9	37,0
13	727,48	+ 1,15	+ 5,12	+0,19	+ 4,0	+ 6,0	5,00	—0,51	766	— 85	730	770	...	..	NNE. 2	1,00	10,6	+ 0,4	36,5
14	729,80	+ 3,45	+ 5,20	+0,43	+ 4,3	+ 6,0	5,52	+0,08	844	— 7	770	970	...	..	NNE. 1	1,00	10,7	+ 0,7	36,0
15	731,26	+ 4,89	+ 4,91	+0,30	+ 4,0	+ 5,8	5,90	+0,52	916	+ 65	860	960	0,6	6	S. 1	1,00	..	.....	35,5
16	731,90	+ 5,51	+ 4,58	+0,13	+ 4,0	+ 6,0	5,35	+0,03	851	— 1	700	940	...	..	NNE. 1	1,00	10,5	+ 0,7	35,0
17	732,00	+ 5,59	+ 5,36	+1,07	+ 3,2	+ 8,7	4,91	—0,35	737	—115	630	860	...	..	N. 2	0,28	9,9	+ 0,2	34,2
18	734,70	+ 8,27	+ 3,87	—0,27	+ 0,3	+ 7,0	5,37	+0,17	877	+ 25	770	950	...	..	variable	0,64	10,3	+ 0,8	33,0
19	736,33	+ 9,88	+ 2,58	—1,41	+ 1,9	+ 4,0	5,10	—0,04	930	+ 78	890	950	..	..	variable	1,00	10,2	+ 0,8	33,0
20	736,22	+ 9,75	+ 1,95	—1,89	+ 1,3	+ 3,3	5,12	+0,04	976	+124	910	1000	...	..	SE. 1	1,00	10,0	+ 0,7	32,0
21	733,16	+ 6,67	+ 0,40	—3,29	— 0,3	+ 2,0	4,69	—0,33	995	+142	950	1000	...	..	variable	1,00	9,8	+ 0,6	32.5
22	729,83	+ 3,31	+ 5,79	+2,25	— 0,2	+13,2	6,10	+1,13	854	+ 1	730	980	...	..	variable	0,86	...	.....	32,8
23	728,58	+ 2,01	+10,10	+6,71	+ 8,6	+12,4	8,48	+3,56	923	+ 70	840	990	7,6	8	variable	0,90	10,0	+ 1,1	33.2
24	729,47	+ 2,90	+ 7,58	+4,34	+ 6,1	+ 9,1	7,87	+3,00	993	+140	970	1000	0,7	3	variable	0,97	10,0	+ 1,2	34,0
25	733,27	+ 6,68	+ 5,66	+2,56	+ 5,2	+ 7,8	6,86	+2,04	994	+140	980	1000	...	..	NNE. 1	1,00	9,9	+ 1,2	33.5
26	735,93	+ 9,31	+ 5,55	+2,59	+ 4,3	+ 6,9	6.56	+1,79	968	+114	900	1000	...	..	NNE. 1	1,00	9,8	+ 1,2	33.0
27	733,47	+ 6,82	+ 5,85	+3,04	+ 4,9	+ 7,0	5,63	+0,91	821	— 33	720	940	...	..	NNE. 1	1,00	9,8	+ 1,4	33,0
28	731,22	+ 4,55	+ 4,80	+2,11	+ 3,9	+ 6,6	5,08	+0,41	797	— 57	750	810	. .	..	NNE. 2	1,00	9,6	+ 1,3	33,0
29	730,99	+ 4,29	+ 3,36	+0,80	+ 1,5	+ 5,5	4,41	—0,21	770	— 85	650	910	...	..	N. 1	0,38	...	....	33.0
30	731,00	+ 4,27	+ 0,98	—1,45	— 1,1	+ 4,1	4,52	—0,06	916	+ 61	810	970	...	..	variable	0,86	9,1	+ 1,0	33,0

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1863

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	729,54	729,92	730,11	729,68	729,24	729,22	729,33	729,50	729 41
2e »	729,10	729,64	729,85	729,36	728,91	728,84	729,25	729,72	729,97
3e »	731,81	732,09	732,27	731,67	731,21	731,17	731,47	731,70	731,73
Mois	730,15	730,55	730,74	730,22	729,79	729,74	730,02	730,31	730,37
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 5,30	+ 6,01	+ 7,91	+10,08	+ 9,80	+ 9,07	+ 8,03	+ 7,11	+ 6.48
2e »	+ 3,60	+ 3,81	+ 4,72	+ 5,43	+ 5,77	+ 5,23	+ 4,35	+ 4,14	+ 3,56
3e »	+ 4,18	+ 4,23	+ 5,04	+ 6,10	+ 6,46	+ 6,15	+ 5,37	+ 5,08	+ 5,03
Mois	+ 4,36	+ 4,68	+ 5,89	+ 7,21	+ 7,34	+ 6,82	+ 5,92	+ 5,44	+ 5,02
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	6,05	6,30	6,69	6,52	6,41	6,33	6,15	6,16	6,00
2e »	5,15	5,25	5,25	5,19	5,24	5,27	5,23	5,22	5,17
3e »	5,84	5,81	5,98	6,12	6,21	6,22	6,16	6,11	5,98
Mois	5,68	5,79	5,98	5,94	5,95	5,94	5,85	5,83	5,72
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	905	896	839	713	711	735	764	819	830
2e »	868	872	823	777	769	797	839	851	878
3e »	929	926	895	854	848	863	899	915	899
Mois	901	898	852	781	776	798	834	862	869

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+ 4,05	+11,60	0,75	9,86	14,5	40.4
2e »	+ 2,58	+ 6,10	0,84	10,54	3,7	35,0
3e »	+ 3,29	+ 7,46	0,90	9,75	8,3	33,1
Mois	+ 3,31	+ 8,39	0,83	10.07	26,5	36,2

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,46 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 43°,8 E. et son intensité est égale à 11 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1863.

SAINT-BERNARD. — Novembre 1863.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
1	560,92	— 2,27	560,08	561,69	— 3,94	— 0,63	— 6,1	— 0,2	80	14,4	11	NE. 1	0,89
2	558,13	— 5,00	557,56	558,80	— 4,52	— 1,07	— 5,5	— 3,3	10	1,2	2	SO. 1	0,72
3	564,66	+ 1,59	561,03	567,38	— 8,69	— 5,10	— 9,5	— 7,4	65	5,3	8	NE. 2	1,00
4	570,13	+ 7,13	568,00	572,19	— 2,74	+ 1,00	— 4,8	— 1,4	15	1,5	5	NE. 2	1,00
5	573,62	+ 9,68	573,26	573,92	+ 2,76	+ 6,64	+ 1,2	+ 4,8	......	......	......	NE. 1	0,39
6	570,57	+ 7,69	569,81	572,11	— 0,86	+ 3,16	— 3,0	+ 2,1	......	......	......	NE. 2	0,26
7	567,89	+ 5,07	567,09	568,92	— 3,18	+ 0,98	— 4,6	— 1,3	......	......	......	NE. 2	0,03
8	563,06	+ 0,30	559,80	565,43	— 2,42	+ 1,87	— 4,8	— 0,3	......	......	......	NE. 1	0,60
9	557,27	— 5,33	556,76	558,75	— 5,36	— 0,93	— 5,8	— 4,4	15	1,8	1	NE. 1	1,00
10	558,49	— 4,15	556,57	560,03	— 4,79	— 0,22	— 6,7	— 2,8	20	2,2	6	SO. 1	0,70
11	552,13	—10,46	550,63	551,25	— 8,09	— 3,39	— 9,5	— 5,5	15	2,0	4	variable	0,61
12	553,60	— 9,07	550,33	556,86	— 7,90	— 3,07	— 8,8	— 6,5	......	......	......	SO. 1	0,84
13	563,54	+ 1,06	559,44	566,70	— 3,62	+ 1,34	— 6,4	— 2,4	......	......	......	SO. 2	0,83
14	565,67	+ 3,25	564,71	567,11	— 1,68	+ 3,41	— 2,1	0,0	20	2,7	4	SO. 1	0,79
15	564,99	+ 2,62	564,31	565,62	— 2,43	+ 2,79	— 4,1	— 0,8	10	1,6	3	NE. 1	0,91
16	564,93	+ 2,61	564,59	565,34	— 4,05	+ 1,30	— 5,3	— 2,6	......	......	......	NE. 1	0,59
17	565,68	+ 3,41	564,74	566,86	— 5,80	— 0,33	— 6,5	— 4,3	......	......	......	NE. 1	0,30
18	569,05	+ 6,83	567,42	570,41	— 0,71	+ 4,88	— 3,6	+ 2,8	......	......	......	calme	0,00
19	571,77	+ 9,70	570,69	572,52	+ 1,15	+ 6,86	— 1,1	+ 4,2	......	......	......	SO. 1	0,00
20	571,85	+ 9,73	571,59	572,41	+ 1,48	+ 7,31	— 0,5	+ 4,0	......	......	......	SO. 1	0,00
21	569,36	+ 7,29	568,67	570,24	— 0,64	+ 5,31	— 1,9	+ 2,0	......	......	......	SO. 1	0,00
22	567,34	+ 5,31	566,97	568,01	— 0,23	+ 5,84	— 1,7	+ 2,3	......	......	......	SO. 1	0,39
23	566,05	+ 4,07	565,83	566,41	— 1,02	+ 5,16	— 2,5	+ 1,2	15	2,8	5	NE. 1	0,81
24	566,85	+ 4,92	566,23	567,82	— 0,41	+ 5,88	— 1,8	+ 1,3	......	......	......	calme	0,78
25	569,36	+ 7,47	566,94	570,92	— 1,73	+ 4,67	— 2,4	+ 0,5	......	......	......	NE. 1	0,01
26	570,46	+ 8,61	569,74	571,10	— 0,84	+ 5,67	— 2,7	+ 2,0	......	......	......	NE. 1	0,06
27	567,20	+ 5,39	566,49	568,24	— 5,81	+ 0,81	— 6,7	— 4,0	......	......	......	SO. 1	0,60
28	564,33	+ 2,56	563,95	564,94	— 9,34	— 2,61	—10,9	— 7,2	......	......	......	NE. 1	0,32
29	564,83	+ 3,10	564,12	565,34	— 8,20	— 1,37	— 9,7	— 8,1	......	......	......	SO. 2	0,64
30	564,69	+ 3,00	564,46	565,04	— 7,39	— 0,46	— 9,4	— 5,2	......	......	......	SO. 1	0,01

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors service.

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1863.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	564,48	564,77	564,82	564,70	564,41	564,36	564,45	564,49	564,43
2e »	563,56	564,19	564,52	564,44	564,19	564,18	564,47	564,89	565,07
3e »	566,95	567,28	567,42	567,16	566,83	566,93	567,02	567,31	567,17
Mois	565,00	565,41	565,59	565,43	565,14	565,15	565,32	565,56	565,56

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
1re décade,	— 2°,61	— 2°,73	— 2°,47	— 2°,10	— 2°,49	— 3°,54	— 3°,99	— 4°,07	— 4°,39
2e »	— 4,34	— 4,16	— 3,18	— 1,57	— 1,32	— 2,15	— 3,03	— 3,36	— 3,39
3e »	— 4,48	— 4,30	— 3,35	— 1,89	— 2,03	— 3,09	— 3,68	— 3,99	— 4,16
Mois	— 3,81	— 3,73	— 3,00	— 1,85	— 1,95	— 2,93	— 3,57	— 3,81	— 3,98

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	— 4,96	— 1,42	0,66	26,4	205
2e »	— 4,79	— 1,11	0,49	6,3	45
3e »	— 4,97	— 1,52	0,36	2,8	15
Mois	— 4,91	— 1,35	0,50	35,5	265

Dans ce mois, l'air a été calme 31 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,46 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 16 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES.



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XVIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1863. — Nos 69 à 72.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand St-Bernard.

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLEMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE.

ANNÉE 1863. T. XVI à XVIII (Nouv. période).

